

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS - ICEB  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - DEFIS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS – FÍSICA

Wellington Clayton Silva

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO POR MEIO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV**

OURO PRETO  
2017

Wellington Clayton Silva

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV.**

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências - Física, da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Maria Eugênia Silva Nunes

OURO PRETO

2017

S381r

Silva, Wellington Clayton.

Radiação ultravioleta [manuscrito]: inserção de física moderna no ensino médio por meio dos efeitos biológicos da radiação UV / Wellington Clayton Silva. - 2017.

142f.: il.: color; grafqs; tabs; mapas.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Eugênia Silva Nunes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

Area de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (Física, Química, Biologia).

1. Aprendizagem experimental. 2. Física moderna. 3. Radiação ultravioleta. 4. Abordagem interdisciplinar do conhecimento. I. Nunes, Maria Eugênia Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 54-76

Catálogo: [www.sisbin.ufop.br](http://www.sisbin.ufop.br)



### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Aos vinte e cinco dias do mês de julho do ano de dois mil e dezessete, na Sala de Seminários do Departamento de Ciências Biológicas (DECBI) do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas desta Universidade, às 14 horas e 10 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta por Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Eugênia Silva Nunes, orientadora do trabalho e presidente da banca, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Suely Epsztein Grynberg, membro externo ao Programa, e Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva, membro interno ao MPEC. A reunião teve por objetivo julgar o trabalho do aluno Wellington Clayton Silva, intitulado "*Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV*".

Em sessão pública, os trabalhos foram abertos pela presidente da banca. A seguir, foi dada a palavra ao estudante para apresentação do trabalho. Em seguida, cada examinador(a) arguiu o examinado. Terminadas as arguições, procedeu-se o julgamento do trabalho, concluindo a banca examinadora por sua:

Aprovação.

Aprovação com \_\_\_\_% de aproveitamento, condicionada à entrega de revisão proposta pela banca em até 60 (sessenta) dias.

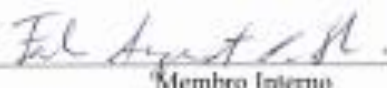
Reprovação.

Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da banca examinadora e pelo candidato.

Ouro Preto, 25 de julho de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Membro Externa

  
\_\_\_\_\_  
Membro Interno

  
\_\_\_\_\_  
Candidato

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me guiado neste percurso, proporcionando sabedoria e discernimento nos momentos de turbulências.

À minha esposa Kátia Alves Ferreira e meu Filho Álvaro Luiz Ferreira Silva pelo apoio, dedicação, carinho, incentivo e por entenderem os momentos de ausência.

À minha orientadora, Maria Eugênia Silva Nunes pela dedicação, gentileza e apoio incondicional em todo o percurso com alegria, profissionalismo e otimismo que são suas principais virtudes.

Aos meus pais e minha sogra pelo apoio, incentivo e orações.

Ao meu primo Rodrigues e os meus amigos Anderson, Eliza, Maria Nadir, Ivone, Reinaldo e Humberto pelo apoio e incentivo.

À diretora da Superintendência Regional de Ensino de Pará de Minas Silvânia Galvão e servidores pelo apoio.

Aos servidores da Escola Estadual Ângela Maria de Oliveira pelo incentivo.

À coordenação e ao corpo docente do Mestrado, por ter contribuído muito com minha formação.

Aos amigos do Mestrado pelo companheirismo, dedicação e pelos momentos de trocas de experiências que muito me engrandeceu.

A todos que contribuíram para esta conquista.

## RESUMO

Dada a necessidade de melhor preparar nossos futuros professores, bem como, aqueles professores que já se encontram em atividade para ensinar tópicos de Física Moderna de maneira interdisciplinar, é proposta neste trabalho uma sequência didática na forma de um minicurso com objetivo principal de abordar o tópico Radiações Ultravioletas (Radiações UV) utilizando-se de um material didático potencialmente significativo. As Radiações UV serão vistas aqui desde o espectro eletromagnético, passando pela sua interação com a camada de ozônio até sua interação com a pele. A sequência didática utilizada estabelece, assim, uma relação de interdisciplinaridade dos conteúdos das áreas de Física, Química e Biologia. Como referencial teórico têm-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, nas quais se afirmam que novos conceitos poderão ser aprendidos com mais eficácia se estiverem ancorados em conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Parte da sequência didática foi aplicada na forma de um minicurso no I Simpósio Internacional da UFOP: Propostas e desafios na educação contemporânea, ocorrido no período de 8 a 12 de maio de 2017 na Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP. Compareceram 50 pessoas no minicurso, em sua grande maioria alunos dos períodos iniciais de licenciatura e bacharelado em Física. Contou-se, também, com participação de alunos das áreas de Biologia e Química, além de participantes já graduados. Os participantes responderam a um Questionário de Identificação com a finalidade de avaliar aspectos de sua formação e sua visão sobre o ensino de Física Moderna. Após a apresentação do seminário os participantes resolveram uma situação problema e elaboraram um mapa conceitual sobre os conceitos abordados. Aproximadamente 30% dos participantes resolveram corretamente a situação problema e os conceitos de radiação UVA, UVB e UVC aparecem na maioria dos mapas conceituais produzidos.

**Palavras-chave:** Aprendizagem Significativa. Física Moderna. Radiação Ultravioleta. Interdisciplinaridade. Capacitação Docente.

## ABSTRACT

In an attempt to better prepare graduation student, as well as those who already work as teachers in high schools, to teach subjects of Modern Physics in an interdisciplinary way, this work proposes a didactic sequence as a minicourse which aims at approaching the topic Ultraviolet Radiations (UV Radiations) by the use of a didactic material potentially meaningful. The UV Radiations will be seen here from the electromagnetic spectrum until its interaction with the human skin. The didactic sequence presented here establishes a relation of interdisciplinarity of Physics, Chemistry and Biology areas. The theoretical background is based on Theory of Significant Learning of Ausubel and Critical Significant Learning of Moreira, in which are stated that new concepts can be better learned whether they are supported by pre-existing concepts in the students cognitive structure. Part of the didactic sequence was applied as minicourse at 1<sup>st</sup>. International Symposium of UFOP: Proposes and challenges on contemporary education, which took place in the period from May 8th to 12th, 2017 at Federal University of Ouro Preto (UFOP) A total of 50 participants attended the minicourse, where most of them were students from beginner periods at Physics bachelor's degree. Students from Biology and Chemistry area also attended the minicourse. The participants responded an Identification Questionnaire whose objective were assessing aspects about their graduation and their view on the Modern Physics teaching. After the seminar introduction, the participants were invited to solve a problem based on a real situation and elaborate a conceptual map on the approached concepts. An average of 30% of the participants have solved correctly the problem and the concepts about UVA, UVB and UVC radiation have appeared on most conceptual maps produced by them.

**Keywords:** Significant Learning. Modern Physics. Ultraviolet Radiation. Interdisciplinarity. Teacher training.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>10</b>
2.1	Documentos norteadores para inserção de Física Moderna no Ensino Médio .....	10
2.2	Aprendizagem significativa.....	14
2.2.1	Teoria da aprendizagem significativa .....	14
2.2.2	Princípios da aprendizagem significativa crítica de Moreira .....	18
2.2.3	Mapas conceituais.....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Aporte teórico da metodologia.....</b>	<b>24</b>
3.1.1	Tipo de pesquisa .....	26
<b>3.2</b>	<b>Etapas da Pesquisa.....</b>	<b>26</b>
3.2.1	Questionário.....	26
3.2.2	Radiação ultravioleta solar.....	28
3.2.3	Tipos de radiação e suas características.....	29
3.2.4	Filtros solares, bronzamento e Câncer de pele.....	29
3.2.5	Efeito fotoelétrico.....	30
3.2.6	Mapa conceitual.....	30
<b>3.3</b>	<b>Aplicação do Projeto.....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Questionário de identificação .....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Avaliação do estudo da Física Moderna no ensino médio.....	39
4.1.2	Metodologias e o uso da tecnologia no ensino da física.....	40
<b>4.2</b>	<b>Situação Problema.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Mapa Conceitual.....</b>	<b>43</b>
4.3.1	Discussão dos resultados.....	50
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>56</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino da Física Moderna, proposto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), visa propiciar uma interação contínua do ensino da Física com os desenvolvimentos tecnológicos da atualidade. Porém, o processo de ensinar Física Moderna encontra uma série de desafios, senão obstáculos, que há anos vêm sendo estudados e elencados na tentativa de se diagnosticar por que tão poucos professores se sentem confortáveis em ensinar tais conteúdos (OLIVEIRA, 2007).

É notório que a inserção de conteúdos de Física Moderna no ensino médio passa por dificuldades, seja pelo baixo número de aulas estabelecidas para um vasto conteúdo a se cumprir, seja pela falta de materiais pedagógicos específicos ou, ainda, pela resistência por parte dos professores em trabalhar tais conteúdos. Oliveira (2007) aponta as dificuldades de os professores em abordar com segurança tópicos de Física Moderna. Para a maioria deles, a complexidade dos temas, a falta de capacitação e de uma formação sólida que os favorecessem a desenvolver o seu trabalho são os principais fatores que dificultavam a inserção dos conteúdos.

Hoje, passados dez anos desta pesquisa, minha experiência pessoal como diretor de uma escola da rede pública estadual, me diz que o cenário não mudou. É muito difícil conseguir professores que se disponham a trabalhar conteúdos de Física Moderna nas salas dos terceiros anos do ensino médio.

Segundo Leonel e Souza (2009) os conteúdos de física moderna são ignorados em boa parte da vivência escolar dos estudantes e isto não é aceitável, pois o processo de alfabetização científica e tecnológica dos estudantes é severamente prejudicado. Além disso, os alunos não conseguem estabelecer conexões entre a sala de aula e seu cotidiano. Na visão dos autores, a Física permanece em um estado estagnado sem romper os limites da sala de aula.

Diante da necessidade de uma formação mais eficaz para futuros professores, bem como de professores que se encontram em atividades trabalhando temas relacionados à Física Moderna, será apresentada, aqui, uma sequência didática que trata do ensino das radiações ultravioleta (radiações UV) por meio da sua interação com tecidos biológicos. Acredita-se que este tema seja bastante motivador e promissor, pois são assuntos recorrentes em noticiários os efeitos nocivos à saúde (câncer de pele) devido à exposição aos raios UV. Além disso, outro tema bastante discutido na atualidade é a destruição da camada de ozônio e

os efeitos que essa destruição traz para o nosso planeta. A sequência didática apresentada neste estudo pretende estabelecer uma relação de interdisciplinaridade dos conteúdos da área de Ciências (Física, Química e Biologia) por meio do estudo das radiações ultravioletas.

A escolha deste tema vem ao encontro das demandas educacionais propostas nos PCNs, que favorecem a formação geral em oposição à formação específica, propiciando um conhecimento interdisciplinar e contínuo.

Ao propor este trabalho com as radiações UV, ancorado nos princípios da teoria de Ausubel *et al.* (1980), consideramos a possibilidade de haver aprendizagem potencialmente significativa quando da utilização de uma sequência didática que permeia temas atuais. Na teoria da aprendizagem significativa, um novo conceito será aprendido como mais eficaz se estiver ancorado em outro conceito já presente na estrutura cognitiva do aluno. Por exemplo, ao ensinar a um estudante a fazer soma de frações, é necessário que ele já saiba o que são frações e qual é o significado de se somar elementos. Dessa forma, ter-se-á o **novo conceito** (somar frações) ligado a **conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno** (frações e soma).

Nessa teoria os conceitos mínimos necessários para a inserção de novo conteúdo são chamados de subsunçores. Para Ausubel *et al.* (1980) subsunçores são conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais uma nova informação será ligada a uma estrutura de conhecimento específica e Organizadores Prévios, são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido, que tem como principal função servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber. Os subsunçores básicos necessários para que o estudante possa fazer uso dessa sequência didática estão presentes em revistas, jornais, telejornais e demais mídias que os estudantes têm acesso. São eles: espectro eletromagnético, radiação, luz, radiação ultravioleta, índice ultravioleta, camada de ozônio, câncer de pele e protetores solares.

Quando os subsunçores não estão presentes na estrutura cognitiva do estudante, Ausubel (1980), em sua teoria da aprendizagem significativa, preconiza o uso de organizadores prévios que sirvam de âncora para a aprendizagem de um novo conceito e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente.

Ausubel também admite em alguns casos a necessidade de haver uma aprendizagem mecânica, quando o conceito é absolutamente novo para o “aprendiz”<sup>1</sup>. A aprendizagem mecânica para Ausubel é vista como uma nova informação, com pouco ou nenhuma interação com os conceitos existentes na estrutura cognitiva, e fica armazenada de forma aleatória, sem articulação com conceitos subsunçores específicos.

No desenvolvimento da sequência didática apresentada neste trabalho, é assumido que os futuros professores e os professores em atividade possam ter pouco conhecimento sobre os tópicos tratados e, por isso, a sequência didática foi organizada de tal forma que cada seção sirva como organizador prévio da próxima. No entanto, espera-se que os alunos dos cursos de Física e Química tenham feito pelo menos uma cadeira de Física Moderna ao longo do seu curso e os alunos de Biologia tenham feito pelo menos a cadeira de Biofísica.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: O capítulo 1<sup>7</sup> aborda a introdução; o capítulo 2 é composto pela Fundamentação Teórica, referente ao ensino de Física Moderna no ensino médio com estruturação dos documentos orientadores da educação brasileira. É abordada também a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria da aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira. No capítulo 3 são abordados os aspectos metodológicos da pesquisa; no capítulo 4 são analisados os resultados e no capítulo 5 estão apresentadas as considerações finais sobre o trabalho. O produto final, em forma de sequência didática, encontra-se no Apêndice A e o Questionário de Identificação encontra-se no Apêndice B.

---

<sup>1</sup> O termo “aprendiz” é usado no sentido geral de o ser que aprende, e não no sentido de aprender determinado ofício

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Documentos norteadores para inserção de Física Moderna no Ensino Médio

O Ensino Médio no Brasil passa por mudanças significativas nesta última década, que buscam oferecer aos educandos a possibilidade de inserção no mercado de trabalho, bem como sua interação com o mundo contemporâneo.

Estas mudanças vêm ao encontro da necessidade de se apresentar aos educandos práticas pedagógicas que sejam descentralizadas, possibilitando a inserção de um currículo que possa oferecer um significado ao processo escolar, por meio da contextualização e da interdisciplinaridade, evitando a centralização dos conteúdos. Neste sentido, pretende-se não oferecer um ensino com conteúdo centralizado, com acúmulo de informações compartimentadas, mas um ensino que favoreça a construção contínua da aprendizagem.

Os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) em seu aporte ao papel da educação na sociedade tecnológica abordam que:

Não se pode mais postergar a intervenção no Ensino Médio, de modo a garantir a superação de uma escola que, ao invés de se colocar como elemento central de desenvolvimento dos cidadãos, contribui para a sua exclusão. Uma escola que pretende formar por meio da imposição de modelos, de exercícios de memorização, da fragmentação do conhecimento, da ignorância dos instrumentos mais avançados de acesso ao conhecimento e da comunicação. Ao manter uma postura tradicional e distanciada das mudanças sociais, a escola como instituição pública acabará também por se marginalizar. (BRASIL, 2000, p.12)

A lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9.394/96) propõe que, no nível do Ensino Médio:

A formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar e inferir informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. Parâmetros Curriculares do ensino Médio. (BRASIL, 2000, p.5)

Portanto, o Ensino Médio, deve oferecer ao alunado condições de desenvolvimento e de aprimoramento no campo educacional, articulando suas

necessidades cotidianas às habilidades e competências adquiridas no ambiente escolar.

No artigo 35 da LDB (1996) estão dispostas as finalidades do ensino médio que são as seguintes:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos; II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 2000, p.33)

De acordo com os PCNEM, os currículos devem atuar em três domínios da ação humana: “a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva” (BRASIL, 2000, p.15) com foco no processo de construção coletiva, do saber político, do trabalho e das ações subjetivas.

Desta forma as propostas estabelecidas no campo educacional seguem os princípios estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO): “aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser.” (BRASIL, 2000, p.15e 16)

A LDB propõe diretrizes específicas para o Ensino Médio, diretrizes estas que são definidas por uma busca de maior interação e organização de conhecimento, dando ênfase ao processo de ensino que favoreça a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade.

Segundo Piaget (citado por Menezes; Santos 2002), a interdisciplinaridade seria uma forma de se chegar à transdisciplinaridade. A interdisciplinaridade considera um diálogo entre as disciplinas, porém continua estruturada nas esferas da disciplinaridade. A transdisciplinaridade, por sua vez, alcançaria um estágio em que não haveria mais fronteiras entre as disciplinas e se consideraria outras fontes e níveis de conhecimento.

Na visão de Bovo e Pátaro (2012, p. 59), “a interdisciplinaridade estabelece uma ligação entre várias áreas do conhecimento”. Neste sentido, as relações estabelecidas entre as disciplinas convergem para uma proposta de ensino que se aproxime da realidade, que agregue concepções do conhecimento ora visto

disciplinado, ou seja, por uma única disciplina, para uma compreensão integrada por meio de pesquisas e de organizações de ideias, que favoreçam a evolução do conhecimento.

Este processo de organização do Ensino Médio está definido na LDB em seu Art. 36 que apresenta a organicidade, bem como as competências estabelecidas para a formação do educando, que deverá apresentar:

I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; II - conhecimento das formas contemporâneas de linguagem; III - domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania. (BRASIL, 2000, p.18)

As diretrizes estabelecidas na LDB foram observadas na proposta desta dissertação, que aborda o tema radiações ultravioletas de maneira interdisciplinar entre os conteúdos de Física, Química e Biologia. Além disso, os efeitos biológicos nocivos das radiações UV (cânceres) trazem para a sala de aula um tema amplamente discutido no cotidiano dos estudantes. Em relação à formação de um cidadão consciente e apto a entender as tecnologias atuais, é apresentado o protetor solar como tecnologia de proteção dos raios UV e os gases Clorofluorcarboneto (CFCs) como um resíduo industrial presente na fabricação de vários artefatos presentes no nosso cotidiano. Um dos usos mais comuns destes é como agente de expansão na fabricação de espumas de poliuretano.

A Física, Química, Biologia e Matemática fazem parte da mesma área de conhecimento, e têm como objetivo comum proporcionar o conhecimento tecnológico e de investigação da natureza. Estas disciplinas são incorporadas na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias que são articuladas no Ensino Médio por meio de “termos de competências: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural.” (BRASIL+ 2000, p. 23).

Neste sentido, as articulações dos conteúdos entre estas disciplinas favorecem a aprendizagem significativa, em que o conhecimento prévio de uma, serve de parâmetros para desenvolvimento de subsunçores específicos que se incorporam na estrutura cognitiva do educando.

Considere por exemplo o conceito de “Energia”, ele está presente na Física (energia cinética, energia potencial e energia de um fóton), na Química (energia de ligação) e na Biologia por meio, por exemplo, do processo de fotossíntese.

O PCN+ (2000), em um dos seus enfoques, prioriza a caracterização das radiações presentes no espectro eletromagnético, suas interações com a matéria que possibilitam a inserção e a concepção dos fenômenos abrangentes no mundo físico. Ainda de acordo com o PCN+ (2000) o ensino de radiações e suas interações devem possibilitar ao educando:

I - Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de microondas, tomografia etc.). II - Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias. III - Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano. (BRASIL+, 2000, p.78)

Percebe-se que o tema radiações possibilita a interação da Física com outras disciplinas, e direciona a aprendizagem de forma a propiciar ao aluno condições de entender o mundo de uma maneira mais ampla e relacionada. Em concordância com o PCN, é proposta neste trabalho a abordagem das radiações UV por meio do estudo dos conceitos: espectro eletromagnético, energia, comprimento de onda, frequência, fótons, índice ultravioleta, produção do ozônio, interação do ozônio com a radiação ultravioleta e com os clorofluorcarbonos, tipos de câncer de pele, protetores solares e fatores de proteção solar. Portanto, o estudo das radiações UV pode propiciar um entendimento mais amplo do mundo e fornecer articulações que favoreçam a aproximação entre os conteúdos de disciplinas diversas.

Dentro das propostas referendadas pelas diretrizes educacionais para o Ensino Médio, O Currículo Básico Comum (CBC) proposto pela Secretaria de Educação de Minas Gerais divide os conteúdos a serem tratados em duas linhas pedagógicas: uma direciona os conteúdos a serem ministrados de forma obrigatória, dispostos por conhecimento e habilidades básicas e outra por meio de conteúdos complementares que são inseridos após a consolidação das habilidades básicas. (MINAS GERAIS, 2007).

No CBC de física, o direcionamento dos conteúdos é feito por unidades temáticas, com uma matriz curricular que abrange as áreas afins da disciplina. A abordagem do conteúdo é feita de forma gradativa e tem como uma das ênfases, proporcionar ao estudante condições de compreender como a Física influencia outras áreas das ciências.

Uma crítica feita ao CBC é que ele apresenta uma estrutura determinada por conteúdos e números de aulas, que devem ser apresentadas aos educandos de forma que ocorra a aprendizagem, porém, essa forma determinista de apresentar os conteúdos dificulta o ensino e as relações de interdisciplinaridade entre conteúdos e disciplinas.

## **2.2 Aprendizagem significativa**

### **2.2.1 Teoria da aprendizagem significativa**

Neste trabalho, apresenta-se como referencial teórico e metodológico a aprendizagem significativa proposta por Ausubel *et al.* (1980) por meio do processo de aprendizagem, segundo o cognitivismo. O cognitivismo abrange a aprendizagem no que diz respeito à organização, distinção sistemática do igual e do diferente, e possibilita a inserção de significados por meio da compreensão, transformação, armazenamento e do uso da informação.

Para Ausubel (citado por MOREIRA e MASSINI 2011) aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva do indivíduo, na qual ocorre a interação de uma nova informação com a estrutura de conhecimento específica do aprendiz.

Na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, o conhecimento é direcionado de forma que o novo material a ser aprendido, possa ser incorporado na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa é um:

Processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor ou, simplesmente, subsunçor (subsumer), existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA e MASINI 2011. p.17)

Ausubel afirma que as informações na mente humana são organizadas de forma a propiciar a aprendizagem significativa, e que suas adequações são estabelecidas por meio de uma estrutura hierárquica, na qual os conhecimentos mais específicos interagem com os conhecimentos gerais.



Ausubel relaciona a aprendizagem em dois processos: aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta. Para ele a aprendizagem por recepção ocorre quando a informação é apresentada ao indivíduo em sua forma final, como por exemplo, um teorema matemático. Já na aprendizagem por descoberta, o indivíduo se apropria do conhecimento de um determinado conteúdo a ser aprendido de maneira mais autônoma. O que vai ser aprendido deve ser redescoberto por quem aprende. Um exemplo seria levar os alunos para um laboratório e eles, ao realizarem um experimento, redescobrirem um conceito físico.

Tanto na aprendizagem por recepção quanto na aprendizagem por descoberta, as informações passam a ser relevantes a partir do momento que elas interajam com conceitos subsunçores existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Portanto, as aprendizagens por recepção ou por descoberta serão significativas no momento em que são ancoradas de forma consistente na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel, a aprendizagem mecânica não faz uma interação com os conceitos relevantes na estrutura cognitiva, portanto não haverá aprimoramento de nenhum subsunçor, pois a informação adquirida fica armazenada de maneira não organizada na estrutura cognitiva do indivíduo.

Porém, ele não descarta a aprendizagem mecânica, uma vez que ela faz parte do processo de aprendizagem de uma nova informação que será aprendida pelo indivíduo. Moreira ao citar Ausubel infere que:

A aprendizagem mecânica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele, isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimentos relevantes a nova informação na mesma área, existam na estrutura cognitiva e passam a servir de subsunçores ainda pouco elaborados. (AUSUBEL *apud* MOREIRA, 2011. p. 162,163)

Segundo Ausubel *et al.* (1980) deve-se preferir a aprendizagem significativa à aprendizagem mecânica sendo que, a primeira ocorrerá quando o aprendiz fizer uso de significados já internalizados para ancorar os novos conhecimentos, aprendendo de maneira substantiva (aprendizagem não literal), ou seja, os conhecimentos significativos necessitando de usar a aprendizagem mecânica em determinados processos de assimilação de um novo material. (MACHADO, 2015)

Para Valadares (2011):

A aprendizagem significativa é substantiva porque é a «substância», o «recheio» do conceito que é apreendido e não apenas um nome e (ou) um enunciado sem qualquer significado para quem aprende. Para tal, a nova informação tem de interagir com as ideias que aprendente já domina que incluem os conceitos, as proposições e símbolos previamente assimilados. Tais ideias mais ou menos familiares a quem aprende são os subsunçores e assumem uma enorme importância na aprendizagem significativa. (VALADARES, 2011, p.37)

A aprendizagem mecânica possibilita a informação de momento, tendo significado apenas para um resultado de curta duração, por não ancorar na estrutura cognitiva do aprendiz. Neste sentido quando se decoram fórmulas, leis e conceitos, estes são armazenados de maneira arbitrária, não geram novos significados na estrutura cognitiva e propiciam apenas a memorização que, com o passar do tempo, caem no esquecimento.

Em sua teoria, Ausubel fala da inserção de organizadores prévios que irão subsidiar as demandas da aprendizagem, possibilitando que eles sirvam de âncora para o aprimoramento de novos subsunçores.

A principal função dos organizadores prévios é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem como pontes cognitivas. (AUSUBEL *apud* MOREIRA, 2011, p. 21):

A aprendizagem significativa está atrelada a um material que seja potencialmente significativo e que o aprendiz apresente predisposição para aprender. Portanto, se o material é considerado potencialmente significativo, mas o aprendiz não se interessa em aprendê-lo, não haverá uma aprendizagem significativa, levando então a uma memorização de informação momentânea de caráter não significativo.

No que tange à predisposição do aprendiz em se apropriar dos conhecimentos de forma significativa, é importante o seu estímulo em aprender e disposição de sua mente em anexar o conhecimento de forma que as informações não sejam depositadas em sua estrutura cognitiva de maneira mecânica, ou seja, que elas possam ser traduzidas em um aprimoramento de subsunçores, possibilitando assim a aprendizagem significativa.

Para Ausubel, a organização e a aquisição de significados na estrutura cognitiva do indivíduo ocorrem por meio da assimilação. Esta assimilação possibilita que uma nova informação potencialmente significativa se relacione com o subsunçor presente na estrutura cognitiva do indivíduo e tenha como produto de aprendizagem, um subsunçor modificado e potencialmente significativo.

Por exemplo, se o conceito de força nuclear deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de força, bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance), não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já tinha será modificado e torna-se-á mais inclusivo (i.e., seu conceito de força incluirá agora também forças de curto alcance). (MOREIRA, 2011, p.166)

Portanto, a assimilação favorece a aprendizagem significativa, desde que se tenham vinculados conhecimentos prévios que possam articular as informações que irão favorecer o processo de aprendizagem.

Segundo Ausubel, o professor deve ter um papel de facilitador do processo de aprendizagem e para tanto deve.

I - Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino; II - Identificar quais subsunçores (conceitos, preposições, ideias claras, precisa, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado; III - Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente, quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno. IV-Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. (MOREIRA, 2011. p.170 e 171)

Em relação aos subsunçores, o autor ainda afirma que “[...] o fator isolado mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo.” (AUSUBEL, 1968, 1978,1980, 2000 *apud* MOREIRA, 2011. p 171)

Esse tipo de aprendizagem se caracteriza por estabelecer uma conexão entre o material a ser aprendido com símbolos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, de forma que estes materiais possam agregar significados à aprendizagem de forma organizada.

No que tange ao desenvolvimento da teoria da aprendizagem significativa, Moreira (2011) apresenta como uma proposta mais ampla, a teoria de Novak, que

exprime como processo educativo o conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) que favoreçam ao indivíduo condições de engrandecimento para superar a vida diária. Para Novak (*apud* MOREIRA, 2011) qualquer evento educativo é uma ação para troca de significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o professor. Em sua teoria, Novak apresenta cinco elementos (aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação), componentes básicos para o desenvolvimento de eventos educativos. Estes eventos direcionam a aprendizagem de modo que possa ocorrer troca de significados e sentimentos por meio da interação entre professor e aluno. Neste sentido a aprendizagem significativa na visão de Novak destaca:

Significados são contextuais; aprendizagem significativa implica dar significado ao novo conhecimento por interações com significados claros, estáveis e diferenciados, previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ao ensinar, o professor apresenta ao aluno significados que são aceitos como válidos em um determinado contexto, que são compartilhados por certa comunidade de usuários. (MOREIRA, 2011, p. 177)

Tanto Ausubel como Novak falam da predisposição de aprender para haver o desenvolvimento da aprendizagem significativa. No entanto, Novak afirma que a predisposição está diretamente ligada a experiência afetiva.

### 2.2.2 Princípios da aprendizagem significativa crítica de Moreira

Moreira, propõe outro desdobramento da teoria da aprendizagem significativa crítica analogamente aos princípios dispostos por Ausubel na teoria da aprendizagem significativa por meio de estratégias facilitadoras para a formação crítica dos sujeitos, de forma a permitir a eles o desenvolvimento da sua cultura, e que articulem as informações e saibam utilizar as tecnologias de forma substantiva, sem idolatrá-la. Nesta perspectiva, Moreira (2011) define:

É por meio dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. (MOREIRA 2011, p. 227)

Tendo como referência Postman e Weingartner, Moreira (2011) define princípios norteadores para aprendizagem significativa crítica, não propondo,

contudo uma estratégia didática conclusiva. O que Moreira faz, por meio dos seus princípios norteadores, é direcionar o professor de forma a promover a aprendizagem significativa crítica.

No primeiro princípio, intitulado *Princípio da Interação Social e do Questionamento*, Moreira (2011) elenca a relevância da interação social para efetivação do processo de ensino. Ele afirma que interação entre professor e aluno deve resultar em uma troca de perguntas ao invés de um ensino pautado em respostas prontas do professor para o aluno e do aluno para o professor.

Para Moreira (2011) o processo de ensino em que o professor apresenta respostas prontas para os alunos e os alunos ao professor, configura-se em uma aprendizagem mecânica que tende a gerar uma aprendizagem não crítica. Para esse autor, o ensino em que ocorre diálogo entre professor e aluno e no qual o professor direciona a construção de perguntas, pode levar à aprendizagem significativa crítica.

No segundo princípio - *Princípio da não centralidade do livro texto*, Moreira (2011) aponta que a utilização do livro didático como ferramenta de uso demasiado pelos professores e alunos não facilita a aprendizagem significativa crítica. Para ele, o uso de outros materiais como artigos científicos, poesias e contos pode potencializar a aprendizagem significativa crítica. No entanto, ele não faz uma discriminação do livro didático, somente o encara como mais um entre os vários materiais pedagógicos. Desta forma ele afirma:

Seguramente, há bons livros em qualquer disciplina, mas adotar um único como livro de texto, vai contra a facilitação da aprendizagem significativa crítica. É uma prática docente deformadora, ao invés de formadora, tanto para alunos como para professores. (MOREIRA, 2011, p. 229)

Moreira (2011) no seu terceiro princípio - *Princípio do aprendiz como receptor/representador* postula que o aprendiz faz a leitura do mundo por meio da percepção e neste contexto o papel do professor é fundamental, pois ele lidará com as percepções dos alunos durante o processo de aprendizagem. Portanto, neste princípio, percebe-se a ideia de percepção/representação traz a noção de que o que “se vê” é produto do que se acredita “estar lá” no mundo. (MOREIRA, 2011. p.231).

Em seu quarto princípio- *Princípio do conhecimento como linguagem*, o autor argumenta que tudo que aprendemos por meio das nossas percepções se configura

em conhecimento. Além disso, ele afirma: “Praticamente tudo que chamamos de “conhecimento” é linguagem”. Aprender de forma crítica é estabelecer conexão de uma nova linguagem com uma nova visão do mundo.

No quinto princípio - *Princípio da Consciência Semântica*, Moreira (2011) estabelece que a variável mais importante para a aprendizagem é ter consciência de que o significado está nas pessoas, e não nas palavras. Os significados são atribuídos pelas pessoas e elas devem ter consciência de que eles estão vinculados às suas experiências. Desta forma ele reitera:

Observa-se aí, outra vez a importância do conhecimento prévio, i. e., dos significados prévios na aquisição de novos significados. Quando o aprendiz não tem condições, ou não quer, atribuir significados às palavras, a aprendizagem é mecânica, não significativa. (MOREIRA, 2011. p. 233)

Moreira, ao propor o sexto princípio, - *Princípio da aprendizagem pelo erro*, aponta como a escola repreende o erro e busca evidenciar verdades absolutas por meio de fatos, leis, conceitos e teorias oriundas de livros didáticos e por inserções aferidas pelos professores. Ele afirma:

[...] a escola simplesmente ignora o erro como mecanismo humano, por excelência, para construir o conhecimento. Para ela, ocupar-se dos erros daqueles que pensavam ter descoberto fatos importantes e verdades duradouras é perda de tempo. Ao fazer isso, ela dá ao aluno a ideia de que o conhecimento que é correto, ou definitivo, é o conhecimento que se tem hoje do mundo real, quando na verdade, ele é provisório, ou seja, errado. (MOREIRA, 2011, p. 235)

No sétimo princípio, *Princípio da desaprendizagem*, ele alega que para ocorrer a aprendizagem significativa é essencial que se tenha uma vinculação entre o conhecimento prévio e novo conhecimento. Porém quando o conhecimento prévio interdita a capacidade de captar significados do novo conhecimento, passamos a ter a necessidade de uma desaprendizagem. Portanto, desaprender não significa apagar da estrutura cognitiva do indivíduo os conceitos já estabelecidos por meio da aprendizagem significativa, mas sim rejeitar o conhecimento prévio que está inibindo o desenvolvimento de novos significados formalizados por novos conhecimentos. Para ele aprender a desaprender é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, i. e., desaprendê-lo. (MOREIRA, 2011, p. 237).

O oitavo princípio é intitulado *Princípio da incerteza do conhecimento* e propõe que a referência a qual temos do mundo está alicerçada nas definições oriundas das nossas criações, das perguntas que nos instigam e das metáforas que empregamos. As definições são instrumentos para pensar, são incertas e não possuem significados fora do contexto que foram inventadas-

No nono princípio, *Princípio da não utilização do quadro de giz*, o autor propõe diminuir ou extinguir a utilização do quadro e do giz por fazerem alusão ao ensino transmissivo. Para ele, o professor escreve no quadro aquilo que está no livro, resolve exercícios, e o aluno copia, decora e reproduz. Ele propõe que sejam utilizadas estratégias institucionais, materiais educativos diversos que levem o aluno a fazer parte do processo de aprendizagem, nada sofisticado, mas apenas que proporcione a participação ativa do estudante em sua formação. De acordo com o autor:

Naturalmente, eliminar o quadro de giz não resolve o problema porque outras técnicas poderão manter vivo este tipo de ensino; até mesmo o moderno canhão eletrônico (*datashow*), com coloridas apresentações em *power point*, poderá servir para isso. Mas o quadro e o giz simboliza e estimula um ensino no qual o aluno espera que nele o professor escreva respostas certas e este acredita que deve fazê-lo porque assim estará ensinando. Por isso, o uso do quadro de giz deve ser minimizado, ou abandonado de vez. (MOREIRA, 2011, p. 239)

Estes princípios elencados por Moreira estabelecem argumentações teóricas e metodológicas que favorecem a construção significativa do conhecimento com base na teoria da aprendizagem significativa crítica. Portanto, ao estabelecer um conjunto de significados no processo de ensino espera-se que o aprendiz possa assimilar, argumentar e construir em sua estrutura cognitiva significados que o auxiliem na aprendizagem de novos conceitos. Este processo de desenvolvimento vem ao encontro das observações propostas por Ausubel, Gowin e Novak.

De acordo com Moreira (2009) as teorias propostas Ausubel, Gowin e Novak estabelecem uma ligação significativa em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Ausubel foca primordialmente a aprendizagem cognitiva, que por sua vez, resulta na apropriação do conhecimento por meio da organização de informações presentes na mente do ser que aprende. Gowin estabelece uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, que formalizados e internalizados pelo aluno propicia a formação de significados. Novak apresenta a

teoria da aprendizagem significativa instituindo que o ser humano para aprender significativamente necessita de pensar, sentir e atuar (fazer).

Em nossa percepção, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, e as contribuições de Gowin, Novak e Moreira expressam condições favoráveis para o desenvolvimento das práticas pedagógicas dentro e fora da sala de aula. Moreira em sua proposição apresenta ao professor maneiras metodológicas de se apropriar da aprendizagem significativa de forma crítica, direcionando seu trabalho por meio de perspectivas novas, estimulantes e viáveis em sala de aula para organização do ensino.

No nosso trabalho a teoria da Aprendizagem Significativa está presente por meio do cuidado com os subsunçores, organizadores prévios e o uso de metodologias diferenciadas (Power point, situação problema, mapa conceitual, palavras cruzadas, simulador) para abordagem dos conceitos.

### 2.2.3 Mapas conceituais

A teoria cognitivista de David Ausubel presume que a ordenação dos conceitos deve ser inserida por meio de uma hierarquia conceitual, na qual os conceitos mais gerais ou inclusivos encontram-se na parte superior da estrutura cognitiva e os conceitos menos inclusivos são assimilados progressivamente pelos sujeitos. De acordo com Moreira (2011):

O desenvolvimento cognitivo é, segundo Ausubel, um processo dinâmico no qual novos e velhos significados estão constantemente interagindo e resultando numa estrutura cognitiva mais diferenciada, que tende a uma organização hierárquica na qual os conceitos e proposições mais gerais ocupam o ápice da estrutura e assimilam, progressivamente proposições e conceitos menos inclusivos, assim como dados factuais e exemplos específicos. (MOREIRA E MASINI 2011, p. 102 e 103)

Portanto, em relação às proposições elencadas por Ausubel, infere-se que os mapas conceituais são ferramentas pedagógicas que partem da perspectiva e tentativa de utilização de sua teoria; que propiciam a organização e produção de materiais de estudo os quais auxiliam no desenvolvimento da aprendizagem significativa em sala de aula, além de poderem ser utilizados como indicadores de aprendizagem.



Mapas Conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, no entanto, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da estrutura conceitual de uma disciplina. (MOREIRA e MASINI 2011, p. 51)

Rosa (2008, p. 98) diz que um mapa conceitual não é nem certo e nem errado. Ele deve ser sempre entendido como uma fotografia instantânea da estrutura cognitiva do sujeito, ou seja, da forma como ele organiza os conceitos que compõem a sua estrutura cognitiva.

Ainda segundo (ROSA, 2008, p. 100) uma possível aplicação de mapas conceituais é durante a fase de planejamento de um curso, uma aula expositiva, um experimento. Nesse momento, o professor pode usar o mapa conceitual como uma forma de explicitar relações e esclarecer como os conceitos e leis a serem ensinados se ligam e explicitar relações de dependência entre as várias partes do currículo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Aporte teórico da metodologia

Neste capítulo serão abordadas as questões metodológicas utilizadas na elaboração deste trabalho, além do percurso feito para a construção do produto educacional.

Na elaboração do projeto de pesquisa, levou-se em conta (MARCONI & LAKATOS, 2003, p. 44) que nos dizem que fatores internos e externos devem ser levados em consideração na escolha do tema. Dentre estes fatores, destacam-se os fatores internos que devem “selecionar um assunto de acordo com as inclinações, as aptidões e as tendências” que o circundam e também “optar por um assunto compatível com as suas qualificações pessoais”.

O pesquisador está há dez anos na diretoria de uma escola da rede pública estadual de Minas Gerais e durante esse tempo observou que não existe diálogo entre as disciplinas das áreas Física, Química e Biologia e que os professores de Física têm dificuldades em abordar temas relacionados à Física Moderna no Ensino Médio. Neste sentido, propõe-se uma sequência didática na forma de minicurso com ênfase no tema gerador “Radiações ultravioletas” com a finalidade de apresentar aos futuros professores, assim como os professores em atividade uma temática que eles possam utilizar em suas futuras aulas no Ensino Médio.

Na escolha do tema, também foi importante o fato de este ser informativo e de interesse público, além de estar dentro do campo de estudo do pesquisador. Ainda sobre a escolha do tema, os fatores externos propostos por Marconi & Lakatos (2010) incluem a disponibilidade para o estudo do tema, existência de pesquisas prévias e materiais sobre o assunto, além da possibilidade de verificar temáticas pertinentes junto a especialistas. Todos estes fatores são abundantes no tema escolhido e passíveis de serem trabalhados a contento.

Segundo Bauer & GasKell (2003) a abordagem quantitativa exprime as análises por meio da quantificação das informações provenientes da modalidade de coleta e de técnicas estatísticas. Dessa forma, possibilita ao pesquisador evidenciar as observações e valorizar os fenômenos de forma que possa haver uma sincronização entre o que descrever e compreender por meio de análises e explicações de fatos.

Já a abordagem qualitativa faz referência às análises e interpretações dos conceitos por meio de investigações, hábitos, atitudes e tendências de comportamento. Segundo Gerhardt & Silveira (2009) essa pesquisa possibilita fomentar a compreensão do fenômeno, focaliza e analisa as informações do contexto de forma ordenada e intuitiva.

Segundo Menga (1986) o saber qualitativo “é o que se desenvolve numa situação natural; é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada”.

Na abordagem qualitativa o pesquisador faz a análise dos dados de forma que seus argumentos passem de uma premissa particular às conclusões de caráter mais amplas. Segundo Marconi & Lakatos (2011) neste processo o pesquisador se destaca por interagir diretamente com a pesquisa, sendo ao mesmo tempo sujeito e objeto, ou seja, existe uma proximidade maior entre o pesquisador e os fenômenos propostos em sua área de estudo. Neste sentido, a abordagem qualitativa:

Responde a questões particulares, com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores, atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO APUD MARCONI e LAKATOS, 2011, p. 271)

Para Marconi & Lakatos (2011) o pesquisador deve inferir inicialmente a sua proposta de pesquisa à coleta de dados, a fim de delinear a sua base teórica, que por sua vez, se organiza de forma a possibilitar a convergência entre o conjunto de conceitos, princípios e significados. Marconi & Lakatos apontam que o pesquisador:

Tem liberdade de escolha do método e da teoria para realizar seu trabalho; entretanto deve, no momento de seu relatório, ser coerente, ter consciência, objetividade, originalidade, confiabilidade e criatividade no momento da coleta e análise dos dados. O bom resultado da pesquisa depende da sensibilidade e intuição do pesquisador, que deve ser imparcial, procurando não interferir nas respostas dos entrevistados e não deixar sua personalidade influenciar as respostas. (MARCONI e LAKATOS, 2011, p. 272)

Tanto a abordagem quantitativa, quanto à qualitativa apresentam fatores importantes para o procedimento inerente de uma boa pesquisa, de forma que uma complementa a outra, propiciando desta forma o bom desenvolvimento dos fundamentos da Ciência. Neste sentido, o questionário inicial possui perguntas que

direcionam tanto a abordagem quantitativa, como qualitativa, na tentativa de coleta de dados que melhor caracterize os sujeitos da pesquisa a sua visão sobre o Ensino de Física Moderna na sua própria formação e na sua atuação no mercado de trabalho.

### 3.1.1 Tipo de Pesquisa:

Neste trabalho configura-se a pesquisa participante, em que o pesquisador compartilha o conhecimento dos atores pesquisados por meio de um diálogo constante com os estudantes, colaborando de forma eficiente e permanente em todo o processo e período da pesquisa. O pesquisador na pesquisa participante coloca-se numa postura de identificação com os pesquisados. “Passa a interagir com eles em todas as situações, acompanhando todas as ações praticadas pelos sujeitos”. (SEVERINO, 2007, p. 120)

Neste trabalho o foco foi a construção de uma sequência didática de Física Moderna, com o tema Radiações Ultravioletas, com interação das disciplinas de Química e Biologia de forma a proporcionar uma relação significativa entre elas.

## 3.2 Etapas da Pesquisa

Apresenta-se aqui, a trajetória seguida para chegar à versão final do produto. A sequência didática foi dividida em seis momentos, organizados a saber:

- ✓ Encontro 01 - Questionário de Identificação do tema a ser trabalhado e caracterização dos sujeitos da pesquisa;
- ✓ Encontro 02 – Seminário: Radiação Ultravioleta Solar;
- ✓ Encontro 03 - Texto: Tipos de radiação e suas Características;
- ✓ Encontro 04 – Artigo: Filtros Solares, Bronzeamento e Câncer de Pele;
- ✓ Encontro 05 – Simulador: Efeito Fotoelétrico;
- ✓ Encontro 06 - Mapa conceitual.

### 3.2.1 Questionário

O Questionário de Identificação foi construído com o objetivo de caracterizar os sujeitos da pesquisa, bem como seu olhar sobre a importância das disciplinas

presentes nas grades padrão de cursos de Física, e sua relação com o exercício da sua profissão.

Ele foi proposto para ser aplicado no primeiro encontro com os futuros professores de ciências da Universidade Federal de Ouro Preto e foi dividido em três segmentos: Formação Acadêmica, Desenvolvimento Curricular e Conhecimentos Relativos aos Materiais Didáticos.

No que se refere à Formação Acadêmica, pretende-se fazer um levantamento dos cursos de graduação nos quais os alunos estão matriculados, períodos e disciplinas já cursados. Coletam-se, ainda, dentro desse segmento, informações relativas às disciplinas relacionadas à Física Moderna, que são consideradas importantes para os discentes, e de que maneira elas foram ou estão sendo oferecidas pelos professores. Outro ponto relevante é a informação do discente em relação ao seu progresso no ensino médio, se nesta última etapa da educação básica foram ofertados conteúdos de Física Moderna, bem como sua interação com as tecnologias e com temas da atualidade.

No segundo segmento, Desenvolvimento Curricular, coletamos opiniões dos futuros professores acerca da importância do ensino de Física Moderna no Ensino Médio; a possibilidade de sua inserção e, quais tópicos desta disciplina são considerados por eles, importantes e essenciais para a formação de seus futuros alunos. Contudo, o intuito deste tópico, é averiguar e estabelecer uma análise da proposta de compreensão mais profunda da Física Moderna, quais métodos ou propostas de ensino são favoráveis para sua aprendizagem no Ensino Médio e quais conceitos estão vinculados aos vários dispositivos tecnológicos. Finaliza-se este tópico fazendo um levantamento junto ao futuro professor dos métodos de ensino que ele julgaria importantes e utilizaria nas suas aulas.

No terceiro segmento, Conhecimentos Relativos aos Materiais Didáticos, averigua-se junto aos futuros professores se em seus cursos de graduação eles tiveram a oportunidade de conhecer materiais diversos de apoio pedagógico que os auxiliassem na abordagem de temas relacionados à Física Moderna no Ensino Médio.

### 3.2.2 Radiação ultravioleta Solar

Para o segundo encontro foi planejado o seminário “RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV”, que aborda as radiações UV desde fontes de radiação UV, passando pela sua interação com a camada de ozônio até efeitos biológicos por meio de sua interação com a pele, considerando-se os efeitos cancerígenos dessa última interação e o uso dos protetores solares como mecanismo de proteção.

Temas a serem abordados no seminário: espectro eletromagnético, comprimento de onda, frequência, energia, fótons, descoberta da radiação ultravioleta, fontes de raios UV, índice ultravioleta, influência da altitude na intensidade da radiação ultravioleta, reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre, classificação dos níveis ultravioleta, previsão do índice ultravioleta (IUV) no Brasil, molécula de ozônio, molécula de clorofluorcarbono, interação do ozônio com as moléculas de clorofluorcarbono, tipos de tumores, origem dos tumores, interação da radiação ultravioleta com a pele, protetores solares e fator de proteção solar e tempo de exposição aos raios solares.

O seminário foi construído para abordar, a partir de nível bastante elementar, todos os conceitos listados acima. Os subsunçores necessários são câncer, perigo de exposição aos raios solares, destruição da camada de ozônio e necessidade do uso de protetores solares como mecanismo de proteção para evitar queimaduras e surgimento de câncer na pele. Espera-se que os estudantes conheçam esses subsunçores por meio de matérias em jornais, revistas, etc.

Para auxiliar na ancoragem dos conteúdos propostos os autores construíram uma palavra cruzada e para a verificação de possível aprendizagem foi construída uma situação problema baseada em uma questão do ENEM. Nessa situação problema (Apêndice A) os estudantes devem lançar mão dos conceitos de comprimento de onda, mecanismos de bloqueio dos raios UV e ainda, lidar com uma situação nova que é a da ação benéfica dos raios solares no tratamento de doenças, no caso, a icterícia.

### 3.2.3 Tipos de Radiação e suas Características

No terceiro encontro foi proposta uma aula referente à identificação dos tipos de radiação, suas características e o seu poder de penetração no tecido epitelial. Nessa aula deve ser utilizado o capítulo do livro **Física para Ciências Biológicas e biomédicas**. (OKUNO, E.; CALDAS. I. L. e CHOW. C.,1982, p. 8-10)

Nesta aula focam-se as radiações corpusculares e eletromagnéticas suas interações com a matéria e seu poder de ionização.

Os subsunçores necessários para essa abordagem foram dados no seminário apresentado no segundo encontro: espectro eletromagnético, comprimento de onda, frequência, energia, radiação UV, tipos de radiação (UVA, UVB e UVC), produção de radiação ultravioleta, interação da radiação ultravioleta com a camada de ozônio e com os tecidos biológicos, tumores, índice UV (IUV), protetores solares.

Por meio das informações expressas no texto da presente aula, foram propostas questões teóricas e uma palavra cruzada para fixação do conteúdo aplicado.

### 3.2.4 Filtros Solares, Bronzeamento e Câncer de Pele.

No quarto encontro foi planejado para consolidar as aulas anteriores por meio do artigo “Ataque a Pele” da revista Química Nova e Sociedade.

Nesta aula aborda-se a proteção via uso de filtros solares, tempo de exposição aos raios solares e os tipos de câncer de pele. Os conteúdos abordados seguem a sequência estabelecida nos encontros anteriores, uma vez que sua consolidação passa por todos os subsunçores referenciados nas aulas precedentes.

Os subsunçores necessários para a que haja uma aprendizagem potencialmente significativa são: espectro eletromagnético, radiação ionizante e não ionizante, tipos de radiação (UVA, UVB e UVC), produção de radiação ultravioleta, interação da radiação ultravioleta com a camada de ozônio e com os tecidos biológicos, tipos de câncer, origem dos tumores e o uso dos protetores solares.

Para verificação da aprendizagem foram selecionadas questões extraídas dos últimos anos do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

### 3.2.5 Efeito fotoelétrico

Para este encontro, uma aula foi planejada, tratando-se do Efeito Fotoelétrico, o qual é apresentado por meio de um simulador da plataforma PHET. A plataforma PHET é uma coleção com mais de 100 simulações interativas para ensino e aprendizagem de ciências que visa proporcionar aos alunos um ambiente aberto de exploração. Por meio deste simulador, serão identificadas as radiações ionizantes e não ionizantes, o espectro eletromagnético, os comprimentos de onda associados às radiações ultravioletas, seu potencial de corte, sua energia cinética e a energia mínima que o fóton deve ter para provocar este efeito.

A necessidade de se estudar as radiações ionizantes e não ionizantes justifica-se ao se deparar com vários textos na literatura que correlacionam positivamente o surgimento de tumores a danos no DNA. Ora, para danificar o DNA, alguma interação deve ocorrer entre a radiação UV e os elementos constituintes do DNA. No entanto, sabe-se que a radiação UV não é ionizante fotobiologicamente falando, pois ela não é capaz de ionizar (arrancar elétrons) dos principais átomos constituintes do corpo humano (hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio). No entanto, as radiações UV podem romper ligações mais fracas como, por exemplo, pontes de hidrogênio (energia de ligação = 0,2 eV) presentes no DNA.

O simulador foi escolhido por apresentar o efeito fotoelétrico de maneira significativa e interativa, e possibilita agregar o conhecimento teórico já estabelecido ao entendimento significativo do fenômeno descrito.

Os subsunçores necessários para essa aula são: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético, tipos de radiação e radiação ultravioleta.

Para utilização do simulador foi produzido pelos autores, um roteiro de laboratório que aborda vários aspectos relevantes do Efeito Fotoelétrico, tais como quantização da energia, fótons, constante de Planck, potencial de corte, etc.

### 3.2.6 Mapa Conceitual

Para o último encontro, propõe-se a produção de um mapa conceitual referente à radiação ultravioleta com base no princípio norteador (ondas eletromagnéticas). A partir deste princípio, os participantes devem elencar todos os conceitos referentes aos encontros estabelecidos nesta sequência didática



determinando suas hierarquias e conexões. Eles devem listar os conceitos que acham mais relevantes, estabelecer sua ordenação, indo dos mais inclusivos para os menos inclusivos. Conceitos que apresentarem o mesmo nível de inclusão devem ser listados lado a lado e os que se agrupam a eles devem vir relacionados logo abaixo.

Portanto, este último encontro consolida as estruturas planejadas para se chegar a uma sequência didática interdisciplinar, que além de informativa é de interesse público. Neste sentido pode-se afirmar que este trabalho está dentro das propostas estabelecidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

### 3.3 Aplicação da Pesquisa

A pesquisa foi aplicada no I Simpósio Internacional da UFOP: propostas e desafios na educação contemporânea, ocorrido no período de 8 a 12 de maio de 2017 na Universidade<sup>2</sup>. O tempo disponível para o minicurso foi menor do que aquele planejado para aplicar toda a sequência didática, então, optou-se por apresentar o seminário “RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV”, aplicar o Questionário de Identificação, a Situação Problema e o Mapa Conceitual apenas. Não houve tempo para aplicação dos dois textos : (i) o capítulo do livro **Física para Ciências Biológicas e biomédicas**. OKUNO, E. e CALDAS. I. L. e CHOW. C., (1982, p. 8,9,10) e (ii) o artigo “Ataque a Pele” da revista Química Nova e Sociedade e o simulador de efeito fotoelétrico. Os dados obtidos no minicurso encontram-se no capítulo 4 dessa dissertação.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <https://simposioufop17.wixsite.com/isimposioufop>.

## 4 RESULTADOS

Parte da sequência didática foi aplicada na forma de um minicurso no I Simpósio Internacional da UFOP: propostas e desafios na educação contemporânea. O tempo disponível para a aplicação do minicurso foi de 3 horas divididas em dois encontros de 90 minutos, com participação de 42 graduandos e 8 graduados das áreas de Física, Química, Biologia, Matemática, Pedagogia e Administração de Empresas. Como o tempo foi menor do que aquele previsto quando da elaboração da sequência didática, apenas parte da sequência foi aplicada.

O Minicurso se deu de acordo com a seguinte estrutura:

### Primeiro momento

Foram utilizados slides e vídeos (APÊNDICE A) no seminário que abordou os temas: espectro eletromagnético, comprimento de onda, frequência, energia, fótons, descoberta da radiação ultravioleta, fontes de raios UV, índice ultravioleta, influência da altitude em função da radiação ultravioleta, reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre, classificação dos níveis ultravioleta, previsão do índice ultravioleta no Brasil, molécula de ozônio, molécula de clorofluorcarbono, interação do ozônio com as moléculas de clorofluorcarbono, tipos de tumores, origem dos tumores, interação da radiação ultravioleta com a pele, protetores solares e fator de proteção solar, tempo de exposição aos raios solares.

### Segundo momento

Na segunda parte do minicurso foram utilizados mecanismos de avaliação para identificarmos os sujeitos da pesquisa, bem como sua possível aprendizagem dos conceitos tratados.

- 1) Aplicação do questionário de identificação.
- 2) Aplicação da atividade referente à situação problema.
- 3) Aplicação da atividade referente ao mapa conceitual.
- 4) Considerações finais do minicurso.

#### 4.1 Questionário de identificação

O Questionário de identificação aplicado durante o minicurso foi construído com o objetivo de caracterizar os sujeitos da pesquisa, bem como seu olhar sobre a importância das disciplinas presentes nas grades padrão de cursos de Física, e sua relação com o exercício da sua profissão.

Parte deste questionário foi aplicada no minicurso com a abordagem dos segmentos formação acadêmica e desenvolvimento curricular.

O minicurso teve participação de 50 pessoas, das áreas de Física, Química, Biologia, Matemática, Pedagogia e Administração de Empresas. Dentre estes participantes, 42 são alunos de graduação e 8 graduados.

Os graduandos foram identificados pelo tipo de graduação, curso e o período que estão inseridos; os graduados foram identificados por meio do curso de graduação informado.

As tabelas 1 e 2 mostram as identificações dos graduandos e dos graduados conforme estabelecido no questionário de identificação.

Tabela 1 - Participantes graduandos no minicurso

Identificação dos sujeitos		Número de alunos por período							
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Tipo de graduação	Curso								
Bacharelado	Física	14	-	2	-	-	-	-	-
Licenciatura	Física	8	-	3	1	1	-	1	-
Licenciatura	Biologia	-	-	2	1	-	-	2	-
Licenciatura	Química	-	-	-	1	-	-	-	-
Licenciatura	Matemática	-	-	-	-	-	-	4	-
Licenciatura/Bacharelado	Biologia	-	-	-	-	-	-	2	-

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

A identificação dos graduandos dos cursos de licenciatura e bacharelado ficou estabelecida da seguinte forma: 38,1% do curso bacharelado em Física, 33,3% da

licenciatura em Física, 12% da licenciatura em Ciências Biológicas, 9,5% da licenciatura em Matemática, 4,7% da licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas e 2,4% da licenciatura em Química.

Tabela 2 - Participantes graduados no minicurso

Tipo de graduação	Curso	Participantes
Licenciatura	Física	1
Licenciatura	Biologia	2
Licenciatura	Matemática	1
Licenciatura	Pedagogia	1
Bacharelado	Administração	1
Licenciatura/ Bacharelado	Biologia	2

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

A distribuição dos graduados do minicurso ficou definida da seguinte forma: 25% licenciados em Ciências Biológicas, 25% licenciados e bacharelados em Ciências Biológicas, e os demais graduados das áreas de Física, Matemática, Pedagogia e Administração de Empresas corresponderam a 12,5% por seguimento.

No que diz respeito à escolha do curso, verificou-se que 72% dos sujeitos da pesquisa opinaram gostar e ter afinidade com o curso (Física, Química, Biologia, Matemática, Administração de Empresas e Pedagogia) e por vislumbrarem a oportunidade de aprofundar os conhecimentos em suas respectivas áreas, 6% dos pesquisados informaram que gostariam de fazer outro curso, 6% deles escolheram o curso por influência de aulas no ensino médio, 4% pela oportunidade de uma bolsa integral, 2% por observar as demandas do mercado, 2% por não ter nota de corte suficiente para ser inserido no curso que realmente tinha interesse, 2% por influência de amigos, 2% para preparação de concurso público na área de perícia, 2% por terem apresentado dificuldades na disciplina no ensino médio e gostariam de aprender para lecionar e, conseqüentemente aprimorar os conhecimentos e, 2% dos entrevistados não responderam à questão.

Na perspectiva de identificar os sujeitos da pesquisa em relação a sua prática de buscar informações atuais sobre o desenvolvimento da ciência em específico, foram propostas as seguintes perguntas: Você lê revistas de divulgação científica? Você lê livros de divulgação científica?

As repostas a estas perguntas foram elencadas por meio do tipo de graduação e curso, e os resultados estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3 - Graduandos: Leitores e não leitores por área de conhecimento

<b>Tipo de graduação</b>	<b>Curso</b>	<b>Participantes</b>	<b>Lê livros</b>	<b>Não lê Livros</b>	<b>Lê revistas</b>	<b>Não lê revistas</b>
Bacharelado	Física	16	3	13	8	8
Licenciatura	Física	14	4	10	7	7
Licenciatura	Biologia	5	2	3	1	4
Licenciatura	Química	1	-	-	1	-
Licenciatura	Matemática	4	1	3	3	1
Licenciatura/bacharelado	Biologia	2	-	2	1	1

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

No que diz respeito aos discentes do curso bacharelado em Física, 87,5% não leem livros de divulgação científica e 50% leem revistas de divulgação científica; dos participantes do curso de licenciatura em Física 71,4% não leem livros de divulgação científica e 50 % leem revistas de divulgação científica.

Em relação ao curso de licenciatura em Ciências Biológicas, 60% dos participantes não leem livros de divulgação científica e 20% leem revistas de divulgação.

Dos participantes que são discentes do curso de graduação simultânea em licenciatura/bacharelado em Ciências Biológicas 50% leem revistas de divulgação científica e nenhum lê livros de divulgação científica. Dos discentes do curso de Matemática, 75% não leem livros de divulgação científica e 75% leem revistas de divulgação científica. O único participante do curso de licenciatura em Química lê revista de divulgação científica, e não lê livros de divulgação científica.

Tabela 4 - Graduados leitores e não leitores por área de conhecimento

<b>Tipo de graduação</b>	<b>Curso</b>	<b>Participantes</b>	<b>Lê livros</b>	<b>Não lê Livros</b>	<b>Lê revistas</b>	<b>Não lê revistas</b>
licenciatura	Física	1	1	-	-	-
Licenciatura	Biologia	3	-	-	3	-
Licenciatura	Pedagogia	1	-	-	-	-
Licenciatura/bacharelado	Biologia	1	-	-	1	-
Licenciatura/mestrado	Matemática	1	1	-	1	-
Bacharelado	Administração	1	-	-	-	-

Fonte: Dados coletados pelo autor.

Em relação aos participantes que possuem graduação, pode-se dizer que um único licenciado em Física não lê revista de divulgação científica, mas lê livros de divulgação científica. O mestre em Matemática lê livros e revistas de divulgação científica. O licenciado em Pedagogia não lê livros e revistas de divulgação científica. O bacharel em Administração não lê livros e revistas de divulgação científica.

Os três participantes licenciados em Ciências Biológicas leem revistas de divulgação científica, mas não leem livros de divulgação científica. O bacharel e licenciado em Ciências Biológicas lê revistas de divulgação científica, mas não lê livros de divulgação científica. Estas informações estão apresentadas na tabela 4.

Foi perguntado aos graduados se eles se sentiam preparados para lecionar tópicos de física moderna no ensino médio a partir dos conteúdos de disciplinas vistas na graduação. Dentre os oito graduados, 62,5% respondeu não ter condições de lecionar os conteúdos de Física Moderna por não ter conhecimento específico sobre o assunto, 25% informou que possui condições por ter conhecimento sobre o assunto e 12,5% não respondeu à questão.

Foi perguntado, ainda, aos graduandos se eles se sentiam preparados para lecionar tópicos de Física Moderna no ensino médio com o conjunto de disciplinas visto até o momento na graduação. Para a análise desta pergunta foi estabelecida a divisão por tipo de curso para ter um levantamento preciso sobre a opinião de cada seguimento da área de ciências envolvido.

No que diz respeito às respostas do grupo de discentes do curso de licenciatura em física, 71,4% dos respondentes informaram não possuir condições

necessárias de lecionar os conteúdos de Física Moderna e 28,6% deles informaram ter condições de lecionar. Algumas respostas são apresentadas na tabela 5

Tabela 5: Estudantes do curso de Licenciatura em Física

Algumas colocações dos discentes que se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna	Algumas colocações dos discentes que NÃO se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna
<i>“Pois já foi apresentado uma cadeira que explica a mesma e devidas cadeiras relacionadas ao conteúdo”.</i>	<i>“Pois ainda não me sinto seguro, preparado em relação ao conteúdo”.</i>
<i>“É algo que eu gosto e seria um prazer imenso passar meu conhecimento para os alunos e fazê-los apaixonar pelo mundo da física”.</i>	<i>“Por ter começado o curso recentemente e ainda não ter visto o suficiente para lecionar”.</i>
<i>“O conhecimento oferecido pela disciplina no curso é bastante amplo”.</i>	<i>“Creio que haja um déficit no ensino de dinâmicas (para nos graduandos) que nos tornem preparados para ensinar física moderna de forma que os alunos realmente interessem”.</i>

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Dois discentes não quiseram expressar suas opiniões e apenas indicaram que não possuem condições de abordar os conteúdos de Física Moderna.

No que diz respeito às respostas do grupo de discentes do curso de bacharelado em Física, 93,75% dos respondentes informaram não possuir condições necessárias para lecionar os conteúdos desta disciplina e 6,25% deles informaram ter condições de lecionar. Algumas respostas são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Estudantes do curso de Bacharelado em Física

Algumas colocações dos discentes que se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna	Algumas colocações dos discentes que NÃO se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna
<i>“ Porque se você entende física você consegue explicar de uma maneira mais inovadora”.</i>	<i>“Porque ainda não sei nada. Estou iniciando o curso. Até que faria isso; o conhecimento é válido só quando é compartilhado”.</i>
	<i>“Ainda não me sinto preparado porque estou apenas começando, entretanto não é muito meu interesse”.</i>
	<i>“Tenho ainda muito pouco tempo de curso e não me sentiria segura o suficiente para lecionar”.</i>

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

No que diz respeito às respostas fornecidas pelos discentes dos cursos de licenciatura em matemática e de biologia, 75% dos respondentes informaram não

possuir condições necessárias para lecionar os conteúdos de Física Moderna e 25% destes não responderam.

Tabela 7 - Discentes dos cursos de Licenciatura em Matemática e Biologia

Algumas colocações dos discentes que se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna	Algumas colocações dos discentes que NÃO se sentem seguros para lecionar conteúdos de física moderna
	<p><i>“Falta de conhecimento mais aprofundado”</i></p> <p><i>“Porque tive poucas aulas de física no curso de matemática. A bagagem do ensino médio não é completa, sendo que a área é extensa”.</i></p> <p><i>“Por enquanto não, precisaria de estudar muito para conseguir ensinar”</i></p>

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

O discente do curso de licenciatura em Química disse não estar preparado para lecionar tópicos de Física Moderna para o ensino médio, e, segundo ele: *“Para um nível de ensino médio onde as abordagens devem ser mais aprofundadas, não! Mas, para o ensino fundamental 2, onde os alunos tem uma prévia do conhecimento com algo mais superficial, sim!”*.

Na sequência da análise do questionário foi proposta a identificação das disciplinas que os graduandos estão cursando e as disciplinas que já foram cursadas, conforme estabelecido na tabela a seguir.

Tabela 8 - Disciplinas em curso ou cursadas até o momento na graduação (continua)

Disciplinas	Número de graduandos que cursaram ou estão cursando as disciplinas
A Física no Mundo Moderno	17
História da Física	5
Física Teórica I	28
Física Teórica II	10
Física Teórica III	3
Física Teórica IV	-
Física Experimental I	18
Física Experimental II	3
Física Experimental III	1
Física Experimental IV	1
Estrutura da Matéria	1
Biofísica	-



conclusão	
Disciplinas	Número de graduandos que cursaram ou estão cursando as disciplinas
Física Quântica I	1
Física Quântica II	-
Teoria da Relatividade	2
Introdução à Física de Semicondutores	-
Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias	1
Outra disciplina relacionada à Física:	5

Nesta análise, 33,3% dos participantes graduandos não marcaram nenhuma das disciplinas apresentadas alegando estarem no início da graduação. Os outros 66,7% identificaram as disciplinas, com destaque para a Física Teórica I, Física Experimental I, Física no Mundo Moderno e Física Teórica II.

#### 4.1.1 Avaliação do estudo da Física Moderna no ensino médio

Em relação aos cursos de Física feitos pelos dos participantes durante sua permanência no Ensino Médio, 50% tiveram contato com os conteúdos de Física Moderna, 44% não tiveram a oportunidade e 6% não expressaram a sua opinião.

De acordo com os participantes que estudaram física moderna no ensino médio, os conteúdos de estrutura atômica, metais e isolantes, estrutura molecular, átomo de Bohr e radioatividade, foram os que se destacaram e tiveram um percentual maior de incidência. Os conteúdos, fibra óptica, efeito fotoelétrico, leis da conservação, teoria do big bang e semicondutores, configuraram-se em um nível intermediário de inserção. Já os conteúdos referentes ao buraco negro, relatividade restrita, forças fundamentais do universo, partículas elementares e dualidade onda partícula, tiveram pouco destaque neste nível de ensino.

Dos 27 participantes que tiveram contato com as disciplinas de física moderna no ensino médio, 63% informaram que os conteúdos inseridos pelos professores eram apresentados de forma a relacionar os temas com a atualidade e que, as inserções metodológicas eram feitas principalmente por meio de aulas teóricas e vídeos. Ainda, segundo os dados coletados, os principais métodos, considerados por eles como sendo eficientes para o seu aprendizado em física moderna, foram as aulas teóricas e os vídeos.

Para 96% dos participantes do minicurso, o ensino de física moderna é importante e possível de ser introduzido no ensino médio, de forma a proporcionar uma compreensão mais profunda das tecnologias disponíveis no cotidiano. Outros 2% não consideram importante o ensino de física moderna no ensino médio, porém acreditam ser possível introduzir tais conteúdos. Os restantes 2% consideram importante o ensino de física moderna no ensino médio, no entanto não acreditam ser possível a sua inserção.

#### 4.1.2 Metodologias e o uso de tecnologias no ensino da Física

As tecnologias estão diretamente ligadas ao ensino em geral e, principalmente no que diz respeito ao ensino e a pesquisa desenvolvida por várias vertentes da Física Moderna. A maioria dos produtos tecnologicamente desenvolvidos requer este conhecimento para o seu desenvolvimento e construção, como exemplo pode-se citar: celulares, computadores, aparelhos de tomografia, GPS, filtros solares, aparelhos de ressonância e de raios X, televisores de LED, células fotovoltaicas, dentre outros.

Neste sentido, foi estabelecido um item referente à construção e desenvolvimento dos equipamentos tecnológicos para a análise dos participantes. Os resultados são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 9 - Análise dos equipamentos tecnológicos pelos participantes do minicurso

Equipamentos tecnológicos	Participantes que acham necessário ter conhecimento de Física Moderna para entender a construção e funcionamento desse aparelho.	Participantes que <b>não</b> acham necessário ter conhecimento de Física Moderna para entender a construção e funcionamento desse aparelho.
Celulares	43	6
Computadores	38	11
Tomografia	33	16
GPS	32	17
Filtro Solar	37	12
Ressonância	41	8
Aparelho de raio X	39	10
Televisores de LED	33	16
Células fotovoltaicas	31	18

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Percebe-se que grande parte dos participantes não identificaram ser necessário ter o conhecimento de Física Moderna para a construção e

desenvolvimento de alguns aparatos tecnológicos expostos a eles, dentre eles a célula fotovoltaica, o GPS, o televisor de LED e o aparelho de tomografia.

Os dados mostram de forma surpreendente que 36% dos participantes não acham necessário ter conhecimento de Física Moderna para o desenvolvimento e construção de uma célula fotovoltaica, 34% apontaram o aparelho de GPS e aproximadamente 33% tem a mesma opinião sobre o televisor de LED e o aparelho de tomografia. As indicações referentes aos demais aparatos tecnológicos perpassam no intervalo de 12 a 24,5%.

No que se refere aos métodos de ensino que cada um julgaria mais apropriado para melhorar a aprendizagem dos estudantes no ensino médio, averiguou-se que todos os métodos propostos no questionário foram sugeridos: 35 utilizariam aulas práticas, 29 aplicariam vídeos, 25 abordariam os temas por meios de aulas teóricas, 21 desenvolveriam sequências didáticas, 19 proporia as abordagens por meio de seminários e 7 utilizariam outros métodos para aprimorar a aprendizagem, dentre eles, jogos, visitas, aulas de campo e leituras de textos de revistas científicas.

Percebeu-se que a maioria dos participantes utilizaria em suas aulas mais de um tipo de metodologia, porém o que chamou a atenção foi que apenas 50% deles utilizaria a aula teórica como um dos métodos de ensino.

Uma grande parcela dos participantes declarou estar no início de seus cursos de graduação. Em relação à leitura ou não de livros e revistas de divulgação científica a maioria declarou não ler nem livros, nem revistas de divulgação científica. Como esperado para esse público ainda iniciante em seus cursos de licenciatura ou bacharelado, a grande maioria disse não se sentir apta para lecionar Física Moderna no Ensino Médio. Metade dos participantes teve contato com tópicos de Física Moderna no Ensino Médio e as principais ferramentas utilizadas por seus professores foram as aulas teóricas e os vídeos. A grande maioria, quase 100%, considera importante a introdução de Física Moderna no Ensino Médio. Foram apresentados alguns aparatos tecnológicos e os participantes foram questionados se consideravam a Física Moderna importante para entender a construção e o funcionamento daquele aparato. Embora a maioria ache que é importante saber Física Moderna para o desenvolvimento e construção dos aparatos apresentados, um número expressivo considera que não; os recordistas da não necessidade de

conhecimento de FM foram as células fotovoltaicas, o GPS, a TV de LED e o aparelho de tomografia.

## 4.2 Situação problema

Nesta seção será apresentada a análise da situação problema proposta no segundo momento do minicurso. Ela consiste em um levantamento do uso ou não de protetor solar por uma família de turistas que escolheu as praias do nordeste brasileiro para uma temporada de férias.

Fazem parte da família um garoto de quatro anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de um ano de idade, ambos loiros de olhos azuis. Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar com FPS  $\geq 20$  e o seu irmão não deve usar filtro algum porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar filtro solar com FPS  $\geq 20$ . Perante a situação apresentada, foi proposto aos participantes do minicurso que estabelecessem uma explicação científica para o caso, levando em consideração as opiniões dos pais. (Questão do ENEM 2007-adaptada)

Como suporte pedagógico para a resolução desta questão foram inseridas informações acerca do que é a icterícia, os mecanismos de ação da fototerapia para o tratamento, as referências da composição química e do espectro de absorção do filtro solar adquirido pela família.

Os dados coletados entre os 50 participantes, mostram que 86% deles acham que os dois filhos devem usar o filtro solar, 6% acha que apenas o filho mais novo deve usar filtro solar, 2% afirma que apenas o filho mais velho deve usar filtro solar; 2% deles disseram que o filtro solar interfere no tratamento da icterícia, 2% disseram que o uso do filtro solar no filho mais velho ficaria a critério dos pais e 2% não identificaram em quais dos filhos eles deveriam aplicar o filtro solar.

Dos 86% que acham que os dois filhos devem usar protetor solar, 30% disseram corretamente que o uso do protetor apresentado não interfere no tratamento da icterícia porque o filtro solar bloqueia comprimento de onda diferentes do comprimento de onda da luz azul utilizada no tratamento da icterícia.

Em sequência, as argumentações estabelecidas por três participantes em relação à atividade proposta, em sua forma original. Os sujeitos foram identificados como participantes 1, 2 e 3.

O participante 1 argumentou: *“A utilização do protetor no garoto de quatro anos ficaria a critério dos pais, pois o comprimento dos raios uvs não será prejudicial, quanto ao bebê a exposição causara danos.”*

O participante 2 argumentou: *“O bebê e a criança devem utilizar chapéu, mas apenas o primeiro deve usar o filtro solar, para que a criança possa utilizar a fototerapia como forma de se recuperar da icterícia, já que o filtro absorve o mesmo comprimento de onda que a bilirrubina”.*

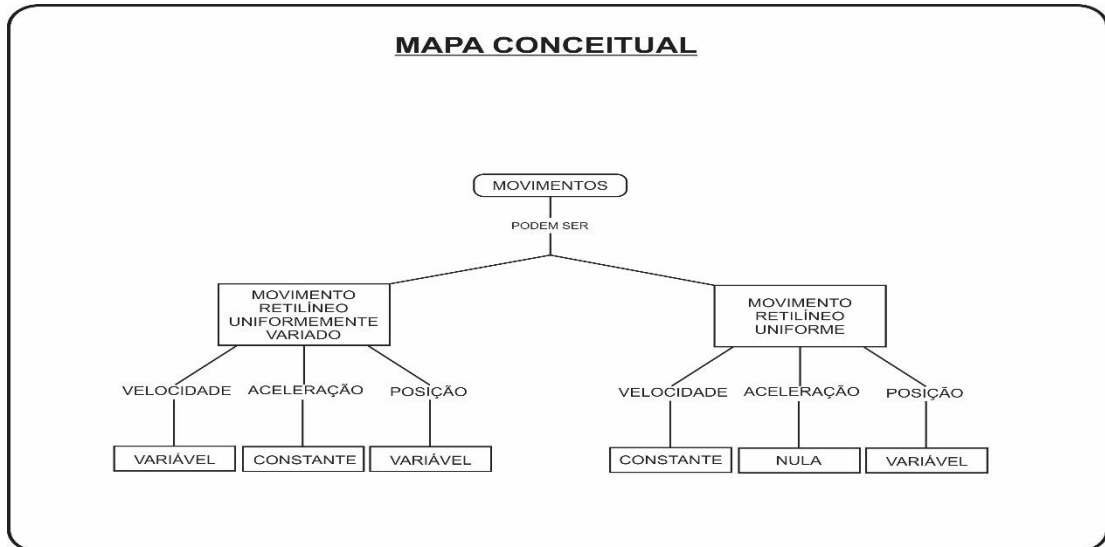
O participante 3 argumentou: *“Deve ser levado em conta, a opinião da mãe, pois segundo os dados da tabela fornecida pelo fabricante do filtro solar, o mesmo age num intervalo de 290nm a 320 nm e a bilirrubina absorve luz numa faixa de 400 nm a 500 nm. Logo o tratamento fototerápico funcionaria e a proteção das crianças também”.*

Ao analisar os resultados, verificou-se que apenas um terço dos participantes conseguiram relacionar os efeitos causados pela radiação ultravioleta com o uso eficiente do protetor solar e o tratamento proposto por meio da fototerapia.

### **4.3 Mapa conceitual**

Nesta seção será apresentada a análise dos mapas conceituais construídos pelos participantes do minicurso. O mapa conceitual referente a radiação ultravioleta partiu do princípio norteador (ondas eletromagnéticas). A partir dessa frase, os participantes deveriam elencar todos os conceitos referentes ao minicurso estabelecendo hierarquias e conexões entre conceitos. Um modelo de mapa conceitual foi elaborado pelos autores para nortear aqueles que nunca trabalharam com esse tipo de estratégia.

Figura 1 - Mapa conceitual apresentado como modelo.



Fonte: Mapa construído pelo autor, 2017.

Esta atividade foi proposta para 50 participantes do minicurso, dos quais 84% participaram efetivamente, 10% entregaram as atividades em branco e 4% não identificaram corretamente a proposta estabelecida.

As análises dos mapas conceituais foram feitas por meio dos conceitos apresentados na palestra proferida no minicurso e estão quantificadas nas tabelas a seguir.

Tabela 10 - Conceitos abordados pelos participantes em relação ao espectro eletromagnético

(continua)

Conceitos	Participantes que abordaram os conceitos	Porcentagem por conceito
Ondas de rádio	1,6,7,10,14,15,16,18,19,20,32,35, 39, 43, 44,e 50.	37%
Micro-ondas	1,2,6,7,10,14,15,18,19,20,30,43,44 e 50.	32,5%
Infravermelho	2,6,7,15,16,20,24,29,30,32,41,43,44 e 45.	32,5%
Luz visível	1,2,5,6,14,15,16,20,24,30,32,41,44 e 49.	32,5%
Ultravioleta	1,2,3,5,6,7,10,12,14,15,16,18,20,21,24,29,30,31,32,33, 35,37,38,41,42,43,44,46,48 e 49.	70%
Raios X	1,2,6,10,14,15,16,32,35,39,43,44,e 50.	30%
Raios Gama	1,2,6,14,15,16,32,35,39,44 e 50.	25,5%

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Os resultados apresentados na tabela acima indicam que dentro das subdivisões do espectro eletromagnético, as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível e raios X, foram lembrados em uma média superior a 30% pelos participantes. Os raios gama foram lembrados por 25,5 %, o ultravioleta foi o conceito mais abordado, perfazendo aproximadamente 80%.

Tabela 11 - Conceitos abordados pelos participantes em relação à radiação ultravioleta

Conceitos	Participantes que abordaram os conceitos	Porcentagem por conceito
Ultravioleta Tipo A- UVA	1,2,3,4,5,6,7,8,10,12,14,15,16,18,20,21,24,29,30,31,32, 33,35,37,38,39,41,42,44,46,48 e 49.	74,4%
Ultravioleta Tipo B- UVB	1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,17,18,19,20,21,22,23, 25,26,31,33,35,36,37,38,39,41,42,44,46,48,e 49.	83,7%
Ultravioleta Tipo C- UVC	1,2,4,5,6,7,8,10,12,14,17,18,19,20,21,22,23,25,26,31,32, 35,36,37,38,39,41,42,44,46,48 e 49.	74,4%
Fontes de radiação ultravioleta	1,30 e 31.	7%

Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Os resultados apresentados na tabela acima indicam que os participantes estabeleceram corretamente a hierarquia entre radiação, raios UV e suas subdivisões (UVA, UVB e UVC) perfazendo quase 80% de inserção nos mapas produzidos. No entanto, a indicação e a relação das fontes de radiação ultravioleta com a radiação ultravioleta foram apresentadas por apenas 7% dos mapas conceituais produzidos.

Tabela 12 - Conceitos abordados pelos participantes em relação à radiação ultravioleta com conceitos adjacentes

Conceitos	Participantes que abordaram os conceitos	Porcentagem por conceito
Protetores solares	1,4,11,12,19,33 e 35.	14%
Camada de ozônio	1,19 e 37.	7%
Afirmaram que a radiação ultravioleta não é ionizante para fins da fotobiologia.	16.	2,3%
Estabeleceram corretamente a hierarquia entre Radiação, Raios UV, e UVA,UVB e UVC.	1,6,10,14,19,26,31,33,37,38,41,44 e 49.	30%
Identificaram a Interação da radiação ultravioleta com a pele.	1,2,7,12,14,16,19,26,30,35,38,39,44 e 49.	32,5%
Relacionaram a radiação ultravioleta com o câncer de pele.	3,10,12,13,19,24,30 e 49	18,6%
Relacionaram a radiação ultravioleta com o índice ultravioleta.	33 e 36.	4,6%
Indicaram que a camada de ozônio bloqueia Raios UVC.	1,19,35,38 e 39.	11,6%
Indicaram que a radiação ultravioleta estimula a produção de vitamina D.	24.	2,3%

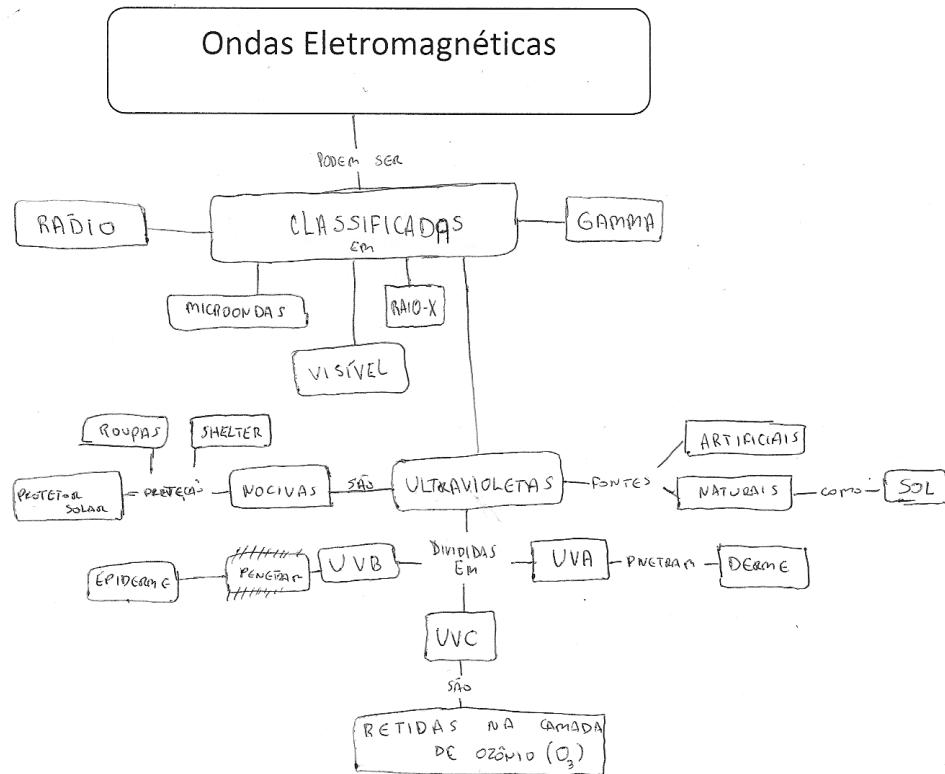
Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Os resultados apresentados na tabela acima indicam que os conceitos relacionados a interação da radiação ultravioleta com a produção de ozônio, vitamina D, sua classificação como não ionizante para fins da fotobiologia e sua relação com o índice ultravioleta, perfazem um valor inferior a 10% das inserções nos mapas conceituais produzidos. A relação da radiação ultravioleta com o câncer de pele, o uso consciente dos protetores solares e a indicação de que a camada de ozônio bloqueia os raios UVC, apontam para um percentual inferior a 20%. Já a indicação do estabelecimento de hierarquia entre a radiação com a radiação ultravioleta, suas subdivisões e sua interação com o tecido epitelial foram lembrados em média por cerca de 31,25% dos participantes.



Em sequência são apresentados três mapas conceituais produzidos por participantes do minicurso.

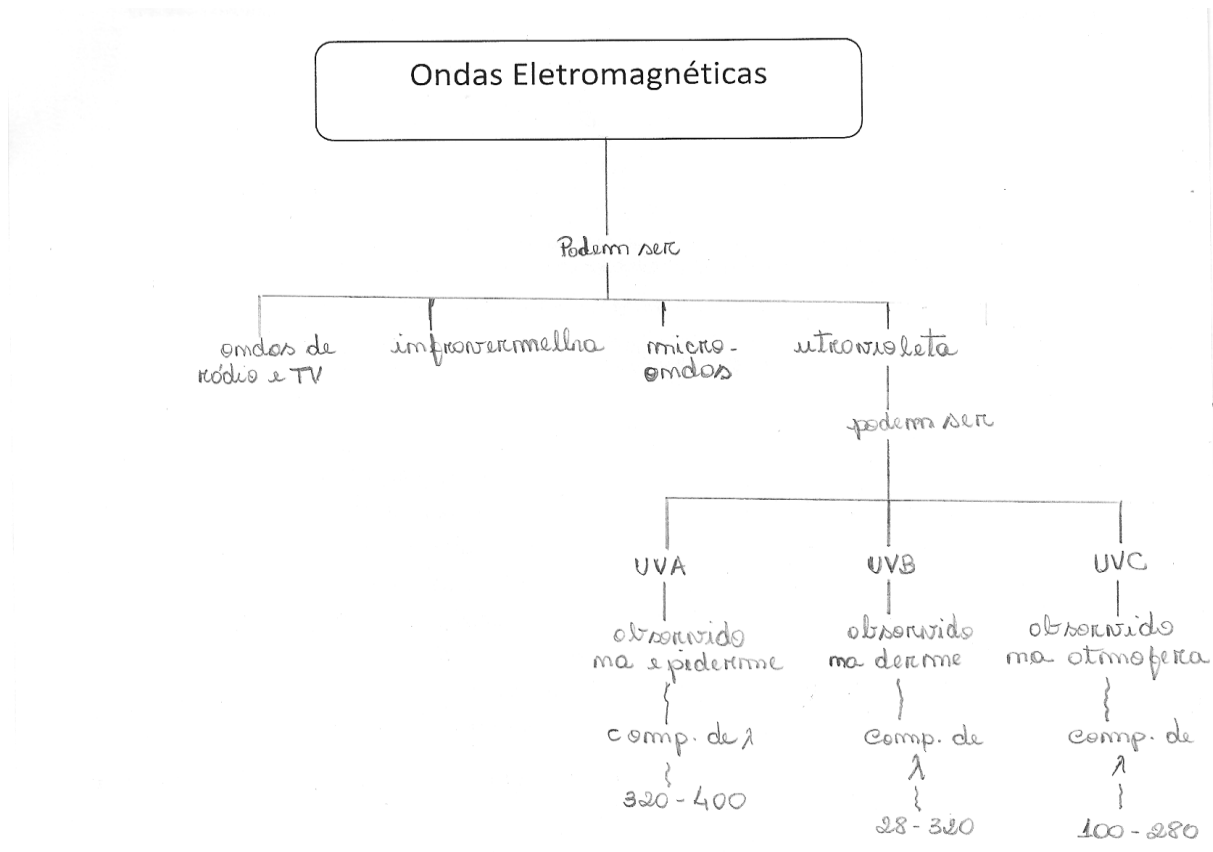
Figura 2 - Mapa conceitual 1



Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Neste mapa o participante relacionou as radiações ao espectro eletromagnético, identificou as ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, ultravioleta Raios X e raios gamas. Inferiu que as fontes de radiação ultravioleta podem ser artificiais e naturais citando o sol como principal fonte natural desta radiação. Mencionou que a exposição à radiação ultravioleta pode ser nociva a saúde e propôs a utilização de roupas para proteção. Apresentou as subdivisões da radiação ultravioleta (UVA, UVB e UVC), reconheceu a penetração da radiação UVA e UVB nas camadas da pele e identificou que a radiação UVC fica retida pela camada de ozônio.

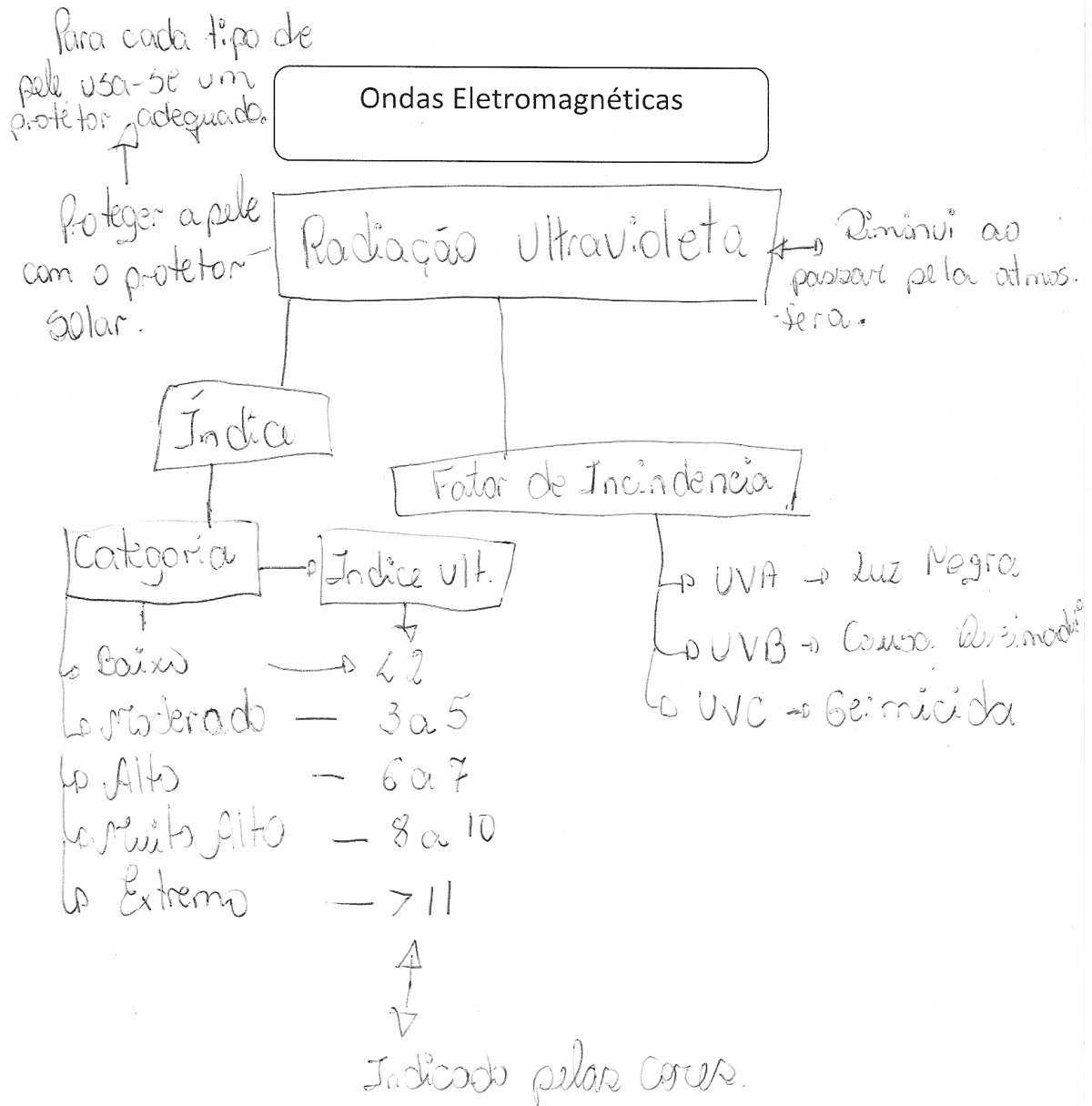
Figura 3 - Mapa conceitual 2



Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Neste mapa o participante mencionou as radiações ao espectro eletromagnético e identificou apenas as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho e ultravioleta. Apresentou e reconheceu os comprimentos de onda e as subdivisões da radiação ultravioleta (UVA, UVB e UVC), apontou a penetração da radiação UVA e UVB nas camadas da pele e inferiu que a radiação UVC fica retida na atmosfera. Percebe-se que o participante indicou erradamente o intervalo de comprimento de onda da radiação UVB, mas indicou corretamente o intervalo da radiação UVC, o que nos leva a acreditar que foi apenas um erro de atenção.

Figura 4: Mapa conceitual 3



Fonte: Dados coletados pelo autor, 2017.

Neste mapa o participante mencionou diretamente a radiação ultravioleta, não atribuiu esta radiação as ondas eletromagnéticas. Inferiu que a radiação ultravioleta diminui ao passar pela atmosfera, indicou os índices ultravioleta e suas categorias, relacionou as subdivisões da radiação ultravioleta (UVA, UVB e UVC) e suas denominações populares, indicou que se faz necessário proteger a pele com protetor solar e inferiu que para cada tipo de pele usa-se um protetor adequado.

#### 4.3.1 Discussão dos resultados

Os dados aqui discutidos foram coletados a partir da aplicação do minicurso “Radiações Ultravioleta: Inserção de Física Moderna por meio da Radiação UV”, base para este trabalho.

Ao analisar o Questionário foi identificado que 62,5% dos graduandos presentes no minicurso dizem não possuir condições de abordar conteúdos de Física Moderna (FM) no ensino médio por falta de conhecimento específico. Isto se justifica, pois, a maioria dos sujeitos da pesquisa está nos períodos iniciais de seus cursos de graduação.

O resultado apresentado a partir dos graduandos do curso de Biologia e Matemática mostra que mesmo em períodos mais avançados da graduação, eles afirmam não possuir condições de abordar os conteúdos direcionados ao ensino de Física Moderna, por não terem conhecimento suficiente para tal função e além disso, em suas graduações este tema, quando foi abordado, foi apenas de forma superficial. Porém, esta informação é relevante, uma vez que estes futuros professores poderão lecionar em uma escola pública a disciplina de Física, que de acordo com os PCNs, devem-se apresentar aos alunos deste nível de ensino, temáticas voltadas para o ensino de Física Moderna.

Ao identificar que apenas metade dos participantes do seminário teve acesso aos conteúdos de Física Moderna no ensino médio, ficam as perguntas: “Por que isso aconteceu?” “Será que os seus professores também não se sentiam confiantes o suficiente para ensinar tais conteúdos?” Se sim, ressalta-se a importância de ações voltadas para corrigir esse problema, seja por meio de uma melhor formação de nossos futuros professores, seja por meio de cursos de capacitação para professores em exercício.

Ao analisar os dados fornecidos pelos participantes do minicurso sobre aparatos tecnológicos que poderiam demandar conhecimento de Física Moderna para melhor entendimento de seu funcionamento e construção, percebeu-se que grande parte dos sujeitos da pesquisa não disseram não ser necessário conhecimento de FM para entendimento de seu funcionamento e construção. Isto pode ser uma consequência da facilidade com que aparatos como, por exemplo, celulares são utilizados hoje em dia pela grande maioria dos jovens nos grandes centros urbanos.

Em relação ao uso de metodologias diversas para ensino de Física Moderna, os resultados mostram que apenas metade dos participantes utilizaria a aula teórica como um dos métodos de ensino. Nesta análise, percebe-se que a intenção do futuro professor e dos professores em atividade presentes no minicurso é de buscar novas metodologias para o ensino de Física Moderna, o que poderá auxiliá-los no desenvolvimento de um processo de ensino que favoreça uma aprendizagem potencialmente significativa por parte de seus alunos.

A atividade corresponde à Situação Problema mostrou que a maioria dos participantes acha que os dois filhos da família de europeus deveriam utilizar o protetor solar na situação apresentada. Porém, foi reconhecido por apenas um terço dos participantes que o uso do protetor solar não iria interferir no tratamento do filho que estava diagnosticado com icterícia. Houve alguns erros de interpretação do gráfico do protetor solar por parte de um participante que disse que o protetor bloquearia a luz azul.

No mapa conceitual dado como exemplo e nas instruções dadas pelo palestrante, os sujeitos da pesquisa foram instruídos a estabelecer uma hierarquia vertical de cima para baixo, estabelecendo uma relação de subordinação entre os conceitos, de forma que os mais inclusivos aparecem no topo e os menos inclusivos na base. Conceitos de mesmo grau de inclusividade e generalidade deveriam aparecer no mesmo plano horizontal. Comparando os mapas das figuras 2, 3 e 4, pode-se dizer que os mapas 1 e 2 apresentam a predisposição de uma hierarquia vertical proposta pela teoria ausubeliana, ao passo que o mapa 3 apresenta apenas parte deste tipo de hierarquia. Como a proposta de produzir o mapa estava vinculada ao mapa estabelecido como modelo, pôde-se observar que apenas no mapa 2 foi estabelecido a posição vertical de inclusividade das radiações UVA, UVB e UVC e parte das ondas eletromagnéticas apresentadas pelo participante. Nos mapas 1 e 3 não foram identificadas nenhuma relação de inclusividade vertical referente aos conceitos transcritos pelos participantes. Em relação aos conceitos que foram lembrados durante a realização dos mapas conceituais, percebeu-se que as radiações UV, UVA UVB e UVC aparecem na maioria dos mapas, o que pode ser um indício de que houve aprendizagem significativa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como finalidade construir uma sequência didática que abordasse o tema Radiação Ultravioleta de forma interdisciplinar entre os conteúdos de Física, Química e Biologia. Esta sequência foi desenvolvida com intuito de auxiliar os futuros professores, bem como professores em exercício nas temáticas referentes ao ensino de Física Moderna no ensino médio.

A expectativa inicial era de aplicar o minicurso para os alunos dos cursos de licenciatura em Física, Química e Biologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), entretanto, durante a produção deste trabalho surgiu a oportunidade de apresentá-lo, em forma reduzida, durante o Seminário Internacional da UFOP.

Para que esta apresentação pudesse ser realizada, a Sequência Didática foi modificada e reduzida para atender ao formato e tempo destinados à apresentação no evento em questão. Compareceram 50 pessoas no minicurso, em sua grande maioria alunos dos períodos iniciais dos cursos de licenciatura e bacharelado em Física. Contou-se, também, com participação de alunos das áreas de Biologia e Química, além de participantes já graduados. Os participantes responderam a um Questionário de Identificação que tinha por finalidade avaliar aspectos de formação dos sujeitos da pesquisa e sua visão sobre o ensino de Física Moderna.

Um dado inesperado foi que grande parte dos participantes não acha importante um melhor conhecimento de Física Moderna para um melhor entendimento do funcionamento e construção dos aparatos tecnológicos apresentados para eles. No entanto, foi esperado que eles mudassem de opinião quando avaliaram a Situação Problema, na qual era crucial saber conceitos de Física Moderna relacionados a um aparato tecnológico, o filtro solar, para resolver um problema de saúde de uma criança. Como esta situação não foi antecipada, a questão não foi reaplicada após a realização de todo o minicurso. No futuro, algumas questões do questionário serão reapresentadas para observar se houve mudança de opinião dos estudantes e professores em exercício em relação a elas.

Após ser apresentado o seminário “RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV”, o questionário foi aplicado, seguido da resolução da Situação Problema e da elaboração do Mapa Conceitual. Percebeu-se que a maioria dos participantes conseguiu resolver corretamente a Situação Problema ao perceber que

o componente ativo do filtro solar apresentado não bloqueia a luz azul necessária para o tratamento da icterícia. Os mapas conceituais apresentados, em sua maioria, trazem os conceitos essenciais apresentados na palestra e alguns ainda apresentaram estrutura hierárquica de conceitos. De maneira geral, foi observado que o ensino de Física Moderna é considerado importante e possível de ser inserido no Ensino Médio por grande parte dos participantes do minicurso.

A forma de apresentação talvez não tenha sido a mais adequada, uma vez que a Sequência Didática completa não foi apresentada. Partes importantes deste material deixaram de ser apresentadas devido ao formato e tempo concedidos à apresentação durante o Simpósio.

Um exemplo importante de material que não foi utilizado foi o do Simulador do Efeito Fotoelétrico que permite fazer a análise do espectro eletromagnético, das radiações ionizantes e não ionizantes e explorar conceitos como a constante de Planck e a função trabalho dos materiais.

Acredita-se que a aplicação completa da sequência didática presente neste trabalho para alunos de graduação dos cursos da área de Ciências, ou mesmo no ensino médio, pode ser mais eficiente para se alcançar o objetivo de que os estudantes se apropriem significativamente dos conceitos apresentados.

Espera-se que este trabalho possa auxiliar futuros professores e professores em atividade em suas aulas, por apresentar uma metodologia que direcione a aprendizagem do conteúdo de maneira interdisciplinar, além de lançar mão de estratégias diversificadas (seminário, vídeos, artigos, simulador, palavras cruzadas, situação problema, mapa conceitual) de ensino, a fim de propiciar uma aprendizagem potencialmente significativa.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. C. de. Estimativa da irradiância solar ultravioleta horária no semiárido pernambucano. 2007. 81 f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução ao português de Eva Nick et al. de Educational psychology: a cognitive view (1968). 1980.
- BOVO, M. C. (2004) Interdisciplinaridade e transversalidade como dimensão da ação pedagógica. **Revista Urutágua**, Maringá, n.07, Ago/Nov, 2005.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Proteção da Camada de Ozônio**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Brasília: **MEC/ CNE**, 2000
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Brasília: **MEC/2017**. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 29 Jan 2017
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Média e tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: **MEC/SEMTEC**, 2000.
- CIRINO, M. M.; SOUZA, A. R. de. O discurso de alunos do ensino médio a respeito da "camada de ozônio". **Ciênc. educ.** (Bauru) [online]. 2008, v.14, n.1, p.115-134. ISSN 1516-7313. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000100008>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- COSTA, M. L; SILVA, R. R. da. **Ataque à Pele**. Química Nova na Escola, n.1, Maio, 1995.
- CRUZ, V. M. F. R. da; ACOSTA-AVALOS, D.; BARJA, P. R. **Estudo da fotoestabilidade de protetores solares por espectroscopia fotoacústica**. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos, p.1505-1508, 2005.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Editora Atlas. 5ª. ed. 2010.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. Atlas. 5ª. ed. 2003.
- \_\_\_\_\_. **Metodologia científica**. Atlas. 6ª. ed. 2011.
- MARQUES, L. F.; OLIVEIRA da C. R. de; ALELUIA, B. K. de. Radiação ultravioleta e ativos utilizados nas formulações de protetores solares. **Ensaio e Ciência:**



**Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 16, n. 4, 2012, p. 183-199.  
Universidade Anhanguera Campo Grande, Brasil.

MILESI, S. S., GUTERRES, S. S. Fatores determinantes da eficácia de fotoprotetores. **Caderno de Farmácia**. v. 18. n. 2. p. 81. 2002.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Editora Pedagógica e Universitária LTDA. 2ª ed. 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. Centauro. 2ª. ed. 2006.

OKUNO, E.; CALDAS. I. L. e CHOW. C. **Física para Ciências Biológicas e biomédicas**. Harbra. 1ª. ed. 1982.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos**. Editora Livraria da Física. 1ª ed. 2005.

OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n 3, 2007, p. 447-454.

PÁTARO, R. F.; BOVO, M. C. A Interdisciplinaridade como possibilidade de diálogo e trabalho coletivo no campo da pesquisa e da educação. **Revista NUPEM**, Campo Mourão, v.4, n.6, jan/jul. 2012.

PUC MINAS. LLUV – Laboratório de Luz Ultravioleta. **Índice UV**. Disponível em: <<http://www.dfq.pucminas.br/PUV/icone2.html>>. Acesso em: 20 Ago. 2016.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. Cortez. 23ª. ed. 2007.

SILVA, A. A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública. **Rev. Bras. Geof.**[online]. 2008, v. 26, n. 4, p.417-425. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2008000400003>>. Acesso em: 03 Ago. de 2016.

VALADARES, J. Teoria Da Aprendizagem Significativa Como Teoria Construtivista, Aprendizagem Significativa em **Revista/Meaningful Learning Review** – v.1(1), pp. 36-57, 2011 36 A

**APÊNDICES**  
**APÊNDICE A: PRODUTO**

**Mestrado Profissional em Ensino de Ciências**  
**Departamento de Física – Universidade Federal de Ouro Preto**

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO**  
**MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV**

**Wellington Clayton Silva**

**Ouro Preto**  
**2017**

## **Caros professores**

Diante da necessidade de melhor formação dos futuros professores, bem como dos professores em atividade a temas relacionados à Física Moderna, apresentamos aqui uma sequência didática na forma de minicurso que trata do ensino das radiações ultravioleta (radiações UV) por meio da sua interação com tecidos biológicos. Acreditamos que esse tema seja bastante motivador e promissor para a aprendizagem de fenômenos físicos (energia e fótons), químicos (ligações químicas) e biológicos (células, DNA e tecidos) pois são assuntos recorrentes em noticiários os efeitos nocivos à saúde (câncer de pele) devido à exposição aos raios UV. Além disso, outro tema bastante discutido na atualidade é a destruição da camada de ozônio e os efeitos que essa destruição traz para o nosso planeta. A nossa sequência didática estabelece uma relação de interdisciplinaridade dos conteúdos da área de ciências (Física, Química e Biologia) por meio do estudo das radiações ultravioletas.

O minicurso está dividido em cinco encontros, os quais serão estudados os seguintes temas: 1) seminário sobre a radiação ultravioleta; 2) tipos de radiações e suas características; 3) filtros solares, bronzeamento e Câncer de pele; 4) efeito fotoelétrico; 5) mapa conceitual.

Esta sequência didática intitulada “Radiação ultravioleta: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV” foi realizada sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Maria Eugênia Silva Nunes e é um produto educacional do programa de Mestrado Profissional de Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto.

## **Minicurso para o ensino de radiação ultravioleta.**

Neste minicurso propomos uma sequência de atividades/encontros que podem ser exploradas em sua íntegra pelo professor ou em partes, dependendo da sua proposta de desenvolvimento pedagógico, que estão definidos da seguinte forma:

### **Encontro 01- Seminário sobre Radiação Ultravioleta solar**

### **Encontro 02- Tipos de Radiação e suas Características**

### **Encontro 03- Filtros Solares, Bronzeamento e Câncer de Pele.**

### **Encontro 04- Efeito Fotoelétrico.**

### **Encontro 05- Mapa Conceitual.**

## APÊNDICE A1: SEMINÁRIO SOBRE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR

**Nesta aula aborda-se a produção de radiação ultravioleta, sua interação com a camada de ozônio e com tecidos biológicos, por meio de um texto e uma aula expositiva produzida pelos autores. São propostas também duas atividades correspondente a uma palavra cruzada e uma situação problema para análise.**

O presente texto procura estabelecer um diálogo entre as disciplinas Física, Química e Biologia, por meio de conceitos referentes às Radiações Ultravioleta (Radiações UV). Este texto foi desenvolvido para servir de suporte para a aplicação de uma aula ou de um seminário referente ao tema. “*RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV*”, que aborda as radiações UV desde fontes de radiação UV, passando pela sua interação com a camada de ozônio até efeitos biológicos por meio de sua interação com a pele, considerando-se os efeitos cancerígenos dessa última interação e o uso dos protetores solares como mecanismo de proteção.

As ondas eletromagnéticas, ou luz, são constituídas de campos elétricos e campos magnéticos que variam no tempo e no espaço, sendo o espectro eletromagnético o intervalo completo destas ondas. O espectro eletromagnético contém, dentre outras, as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, e os raios gama. Estas ondas são classificadas no espectro eletromagnético por meio do seu comprimento de onda ou, de maneira equivalente, por sua frequência. Em 1905, Einstein sugeriu que a luz era formada por pequenos pacotes de energia, os fótons. A energia de um fóton é dada por  $E = hf$ , em que  $h$  é a constante de Plank e  $f$  é a frequência da luz. A frequência ( $f$ ) e o comprimento de onda ( $\lambda$ ) estão relacionados,  $\lambda f = c$ , em que  $c$  é a velocidade de propagação da luz no vácuo. A frequência corresponde ao número de oscilações da onda por um certo período de tempo e o comprimento de onda corresponde a distância entre duas cristas e dois vales consecutivos da onda.

A radiação ultravioleta (radiação UV) foi descoberta pelo físico e químico Johann Ritter em 1801, e no contexto da fotobiologia é considerada uma radiação não – ionizante, pois não é capaz de arrancar elétrons dos principais elementos constituintes do tecido biológico (hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio), além

de penetrar muito pouco no corpo humano. Por outro lado, os raios ultravioletas (raios UV) são capazes de causar danos em tecidos biológicos por meio do rompimento de pontes de hidrogênio presentes no DNA das células constituintes de tais tecidos.

A radiação UV é usualmente classificada em três categorias (UVA, UVB e UVC) de acordo com os intervalos dos comprimentos de onda. A radiação UVA apresenta comprimento de onda na faixa de 340 a 400 nm, é conhecida popularmente como luz negra. A radiação UVB de comprimento de onda de 280 a 340 nm é conhecida como luz eritematogênica (luz capaz de causar queimaduras na pele) e a radiação UVC de comprimento de onda de 100 a 280 nm é conhecida como radiação germicida.

A principal fonte natural de radiação ultravioleta é o Sol, e sua incidência representa menos que 9% da energia solar do espectro eletromagnético. Destes quase 9% de radiação solar, 0,56% correspondendo ao UVA, 1,36% ao UVB e 6,8% ao UVC.

À medida que a radiação ultravioleta penetra na atmosfera ocorre a sua atenuação e seus valores de incidência sobre a superfície terrestre caem a aproximadamente 4 % da incidência inicial proveniente da radiação solar. Destes 4% de incidência, 96% corresponde ao UVA e 4% ao UVB, já a radiação UVC é completamente, absorvida pela camada de ozônio na estratosfera.

A radiação ultravioleta também pode ser produzida por fontes artificiais como os arcos de solda, aparelhos de irradiação de embalagens e lâmpadas de cabines de bronzeamento. Estas fontes podem apresentar medidas superiores de radiação ultravioleta comparadas a incidência solar.

No caso da lâmpada fluorescente para uso doméstico existe uma preocupação dos usuários se ela poderia induzir câncer em pessoas expostas à sua luz. De fato, a radiação ultravioleta é produzida na lâmpada fluorescente doméstica à medida em que se fornece uma diferença de potencial em seus eletrodos por meio da excitação do vapor de mercúrio no seu interior. Quando átomos excitados por meio de processos de colisão dentro da lâmpada retornam a estados de energia mais baixos, fótons são emitidos. A lâmpada doméstica produz, sim, luz ultravioleta, mas este tipo de lâmpada possui uma cobertura de fósforo no revestimento do vidro que absorve a maioria significativa dos fótons da radiação ultravioleta e libera luz

visível por meio do processo de fluorescência. Portanto, este tipo de lâmpada não apresenta risco cancerígeno ao organismo humano via ondas UV.

A radiação ultravioleta é medida por meio de um índice que apresenta o valor da intensidade desta radiação, relevante para efeitos de eritema (queimadura) sobre a pele humana. O índice ultravioleta (IUV) é dado por energia depositada por unidade de área por unidade de tempo.

O índice ultravioleta (IUV) representa o valor máximo da radiação ultravioleta para uma determinada localidade e é apresentado para uma condição de céu claro, com ausência de nuvens, que representa a intensidade máxima de radiação. Ele é apresentado como um número inteiro conforme orientação da Organização Mundial da Saúde e organizado em categorias de intensidade.

Esta categorização do índice ultravioleta está diretamente ligada aos fatores meteorológicos e atmosféricos que interferem na sua intensidade que podem minimizar ou aumentar a sua incidência. Dentre estes fatores cita-se a influência da altitude, efeito albedo (reflexão da luz pelos diferentes tipos de superfície), tipos de nuvens, quantidade de ozônio e de clorofluorcarbonos (CFCs).

O aumento da altitude está diretamente ligado ao aumento da radiação ultravioleta, de forma que quanto maior ela for, menor será o caminho que será percorrido por esta radiação na atmosfera propiciando desta forma uma maior incidência nos locais com altitudes superiores ao nível do mar.

O efeito albedo corresponde a reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre. Cada superfície possui um percentual de reflexão que pode aumentar o índice de incidência desta radiação. Um exemplo tipo deste efeito é quando você está sob o guarda sol em uma praia. Mesmo sob esta proteção você será atingido pela radiação ultravioleta, uma vez que a areia da praia reflete de 25% a 30 % da radiação incidente.

As nuvens possuem um papel fundamental na incidência da radiação ultravioleta, elas espalham a radiação ultravioleta. Embora haja situações em que a radiação que chega ao solo é amplificada por reflexão de nuvens com grande desenvolvimento vertical (Silva Apud Sabburg & Parisi, 2006).

Outro fator de relevância que interfere diretamente na incidência da radiação ultravioleta é o gás ozônio. Ele é formado por meio da interação da radiação ultravioleta com as moléculas de oxigênio. O átomo de oxigênio liberado na reação com a radiação ultravioleta é liberado e se une a uma molécula de oxigênio e produz

a molécula de ozônio composta por 3 átomos de oxigênio. O ozônio é encontrado na troposfera, estratosfera e mesosfera, mas o maior percentual de ozônio (~90%) é encontrado entre 25 a 30 km de altitude e, essa faixa é conhecida como **camada de ozônio**. O ozônio tem um papel relevante para a superfície terrestre, pois absorve boa parte da radiação ultravioleta do tipo B (RUVB) que causa queimaduras na pele e pode causar câncer de pele devido a incidência prolongada dos raios solares. Porém sua atuação pode ser prejudicada devido a emissão dos clorofluorcarbonos (CFCs), que são substâncias sintetizadas artificialmente e são formadas por carbono, cloro e flúor. Estas substâncias passam ilesas pela troposfera e chegam à estratosfera. Ao chegarem na estratosfera, a radiação ultravioleta remove o átomo de cloro da molécula de CFC. O radical do cloro quebra a ligação da molécula de ozônio formando o monóxido de cloro e oxigênio. A molécula de oxigênio é liberada na atmosfera e um átomo de oxigênio presente na atmosfera quebra a ligação do monóxido de cloro. O oxigênio liberado nesta quebra do monóxido de cloro se agrupa a um outro oxigênio presente na atmosfera, formando uma molécula de oxigênio. O cloro desta reação reinicia o ciclo destruindo mais moléculas de ozônio. Um único átomo de cloro proveniente da quebra do clorofluorcarbono pela radiação ultravioleta é capaz de destruir várias moléculas de ozônio.

Diante da proposta interdisciplinar abordam-se também os efeitos biológicos causados pela radiação UV levando em consideração suas interações com os tecidos biológicos. Nos próximos parágrafos abordaremos conceitos fundamentais para o entendimento dos efeitos biológicos dos raios UV.

Antes de mais nada, cumpre ressaltar que tumores são caracterizados pelo crescimento irregular de células e os tumores podem ainda, ser classificados como sendo benignos ou malignos (cânceres). O tumor benigno corresponde a uma massa localizada de células que, em geral, se multiplicam vagarosamente e se assemelham ao seu tecido original, raramente constituindo um risco de vida. Essas células não invadem tecidos vizinhos e não provocam metástase. O tumor maligno é qualquer crescimento que resulta na invasão e destruição de tecido saudável por células anormais. Células cancerosas surgem de células normais cujas propriedades foram alteradas por sucessivas mutações genéticas provocadas por agressões repetidas de agentes químicos ou por radiações.

As células que constituem os animais são formadas por três partes: a membrana celular, que é a parte mais externa; o citoplasma (o corpo da célula); e o



núcleo, que contêm os cromossomos, que por sua vez, são compostos de genes. Os genes são arquivos que guardam e fornecem instruções para a organização das estruturas, formas e atividades das células no organismo. Boa parte da informação genética encontra-se inscrita nos genes, numa "memória química" - o ácido desoxirribonucleico (DNA). É por meio do DNA que os cromossomos passam as informações para o funcionamento da célula.

Uma célula normal pode sofrer alterações no seu DNA, é o que chamamos mutação genética. Sabe-se, atualmente, que danos sucessivos no DNA de uma célula podem levar ao surgimento do câncer.

Os raios UVB e UVA são parcialmente barrados pela pele. Os raios UVA mesmo possuindo energia menor que as dos raios UVB, penetram profundamente na pele. Este fato se explica devido a interação dos fótons da radiação UVA passarem ilesos pela epiderme e interagirem na parte inferior da derme. Um fóton é um pacote de energia e, em cada processo de interação, ou ele entrega toda a sua energia, ou passa sem interagir com o meio. Fótons mais energéticos têm maior probabilidade de serem absorvidos ao interagirem com a matéria. Quanto menor for a energia de um fóton, menores serão as suas chances de "entregar" sua energia dentro da matéria. Por exemplo, para arrancar um elétron no estado fundamental de um átomo de hidrogênio precisamos de uma energia de 13,6 eV. Caso um fóton com energia menor que esse valor esteja passando por uma região composta por átomos de hidrogênio no estado fundamental ele não será capaz de arrancar nenhum elétron de nenhum átomo. Dizemos então que o meio é transparente para aquele fóton, pois ele passa pelo mesmo sem interagir. Imagine agora que um fóton tenha energia maior que 13,6 eV. Ele pode ceder toda a sua energia para ionizar o átomo e a energia restante pode ser convertida em energia cinética do elétron arrancado.

Os raios UVB e UVA podem provocar efeitos graves na pele, pois produzem radicais livres <sup>3</sup> que modificam e dizimam as proteínas e membranas da pele. Estes raios ultravioletas podem agredir diretamente o DNA das células e provocar alterações no mesmo propiciando, assim, a formação do câncer de pele.

---

<sup>3</sup> Radicais livres: átomo ou molécula altamente reativo, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. É este não emparelhamento de elétrons da última camada que confere alta reatividade a esses átomos ou moléculas. A.L.A Ferreira, L.S. Matsubara, Revista da Associação Médica Brasileira. Vol.43 n.1 São Paulo Jan./Mar. 1997

Os tipos de câncer provenientes da interação da radiação ultravioleta com o tecido epitelial são classificados em carcinomas e melanomas. O carcinoma é o tumor maligno derivado do tecido epitelial e pode ser classificado em carcinoma espinocelular, carcinoma de células basais. O carcinoma espinocelular é um tipo de câncer que se desenvolve em áreas cronicamente expostas ao Sol, com baixo potencial metastático, seu desenvolvimento depende da dose cumulativa da radiação ultravioleta incidente através de anos. O carcinoma de basais é um tipo de câncer de pele que origina -se de células basais (células redondas encontradas na parte inferior (ou base) da epiderme, a camada externa da pele). O melanoma é um tipo de câncer de pele que surge em melanócitos (células que produzem pigmentação) é o câncer cutâneo de pior prognóstico, que pode evoluir com metástase e óbito.

Um dos mecanismos utilizados para proteção da pele dos raios UV são os protetores solares. De acordo com a RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) nº 30 de 2012 ANVISA, “protetor solar é qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação” (BRASIL, 2012). O protetor solar pode ser composto de filtros orgânicos e inorgânicos, e sua eficácia está vinculada a sua composição, formas de aplicação e de reaplicação. Cada fator está relacionado com o tempo de exposição aos raios solares conforme o fototipo de pele.

O FPS é definido como a razão entre a energia mínima exigida da radiação ultravioleta para gerar eritema mínimo na pele protegida pelo filtro protetor e a quantidade de energia exigida para produzir o mesmo efeito protetor na pele sem filtro solar. O uso dos protetores solares não habilita as pessoas, independente do seu tipo de pele a ficarem diretamente expostas à radiação solar por longos períodos. É importante salientar que sua aplicação deve ser feita alguns minutos antes de se expor a radiação solar e sua reaplicação deverá ser feita de 2 em 2 horas. Caso esteja nas águas do mar ou de piscinas, a reaplicação deverá ser feita logo após a saída.

Uma das questões polêmicas relacionada ao uso excessivo dos protetores solares diz respeito à produção de vitaminas no organismo. A radiação ultravioleta estimula a produção da vitamina D<sub>3</sub> (colecalfiferol), envolvida no metabolismo ósseo e no funcionamento do sistema imunológico, e é utilizada no tratamento de doenças

de pele como psoríase e vitiligo. O uso excessivo dos protetores solares pode dificultar a produção de tais vitaminas.

A tabela abaixo refere-se à sequência de slides para serem utilizados na aula expositiva a seguir:

Tabela 13: Sequência de slides

(continua)

Transparência	Assuntos abordados
1	Apresentação dos autores.
2	Espectro eletromagnético.
3	Comprimento de onda.
4	Frequência , energia e fóton.
5	Descoberta da radiação ultravioleta.
6 e 7	Fontes de radiação ultravioleta.
8,9 e 10	Índice ultravioleta.
11	Influência da altitude na radiação ultravioleta.
12	Reflexão da radiação ultravioleta na superfície terrestre.
13	Classificação dos níveis ultravioleta.
14	Previsão do índice ultravioleta.
15	Vídeo sobre o índice ultravioleta.
16	Molécula de ozônio.
17	Perfil do ozônio atmosférico.
18	Molécula de Clorofluorcarbono (CFC).
19	Interação do ozônio com o CFC.
20	Vídeo referente a camada de ozônio.
21 e 22	Tipos de tumores.
23 e 24	Origem dos tumores.
25	Tipos de câncer de pele.
26	Radiação ultravioleta e a pele.

(conclusão)

Transparência	Assuntos abordados
27	Vídeo referente a interação da radiação ultravioleta e a pele.
28 e 29	Protetor solar e fator de proteção solar.
30	Tempo e exposição aos raios solares.
31,32 e 33	Bibliografia.
34	Agradecimento.

Esta tabela refere-se à sequência de vídeos com seus correspondentes links para serem utilizados na aula expositiva a seguir.

Tabela 14: links de acesso aos vídeos

Vídeos	Descrição	Link de acesso
Buraco na camada de ozônio	Este vídeo aborda a região da atmosfera que possui a maior concentração de moléculas de ozônio e a ação dos clorofluorcarbonos na destruição da camada de ozônio.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=GNlu9fwW_Go">https://www.youtube.com/watch?v=GNlu9fwW_Go</a>
Explicando o tempo-índice UV	Este vídeo trata de informações acerca da radiação ultravioleta, suas características e os meios de proteção solar. Explica de forma objetiva o índice uv e sua classificação, conforme os níveis de intensidade da radiação.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=dklwUIKJ2Ik&amp;index=4&amp;list=PLdZ0lweL197Cl81dw2XCEG4RK4VtINZCo">https://www.youtube.com/watch?v=dklwUIKJ2Ik&amp;index=4&amp;list=PLdZ0lweL197Cl81dw2XCEG4RK4VtINZCo</a>
Viagem ao centro da pele.	Este vídeo refere-se aos efeitos causados pelos raios UVA e UVB na pele humana sem proteção. Ele cita as alterações causadas pelos radicais livres que podem ser irreversíveis a célula humana.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=RjovWOyvvvY">https://www.youtube.com/watch?v=RjovWOyvvvY</a>



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
35400-000 OURO PRETO  
MORRO DO CRUZEIRO-CAMPOS UNIVERSITÁRIO



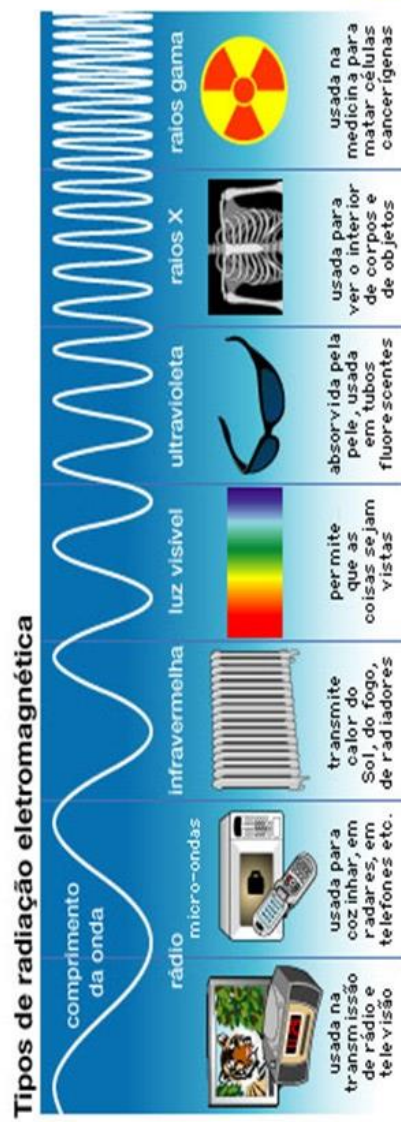
## RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO UV

Wellington Clayton Silva  
Maria Eugênia Silva Nunes

Ouro Preto, MG  
2017

# Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética que contém as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X, e raios gama.



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

# Comprimento de onda

Comprimento de onda é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

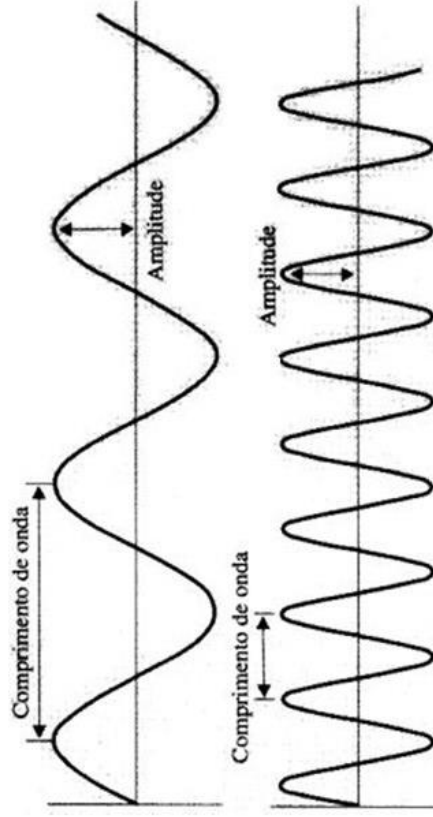


Imagem obtida no site: [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/imagens/lmd\\_ef\\_ci/2009-03-10\\_22/image016.jpg](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/imagens/lmd_ef_ci/2009-03-10_22/image016.jpg)

# FREQÜÊNCIA, ENERGIA E FÓTON

**Frequência:** número de oscilações da onda por um certo período de tempo.

**Energia:** é uma magnitude Física que se apresenta sob diversas formas, está envolvida em todos os processos de mudanças de estado, se transforma e se transmite, depende do sistema de referência e, fixado este, se conserva. D'Alessandro (1994, p.370).

**Fóton:** energia luminosa quantizada em pequenas porções.

$$E = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda}$$



# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Descoberta em 1801 por J. W. Ritter, a radiação ultravioleta (UV) é uma radiação eletromagnética que pode ser classificada em três categorias:

Denominação	Intervalo de $\lambda$ (nm)	% da emissão solar	Denominação popular
UVA	320-400	0,56	Luz negra
UVB	280-320	1,36	luz eritematogênica
UVC	100-280	6,8	Radiação germicida

Tabela 1: Faixas de radiação ultravioleta com limiar de 320 nm para a UVA e UVB

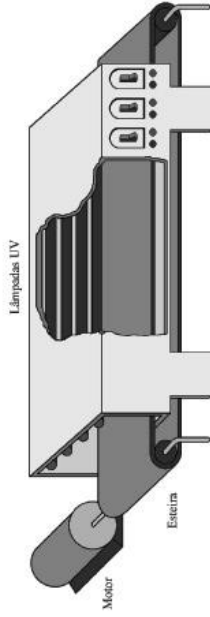
# FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA



<https://www.google.com.br/search?q=fontes+de+radia%C3%A7%C3%A3o+ultravioleta/imagens>



Fonte: <http://www.sitedasoldagem.com.br>



Aparelho desenvolvido para a irradiação das embalagens.

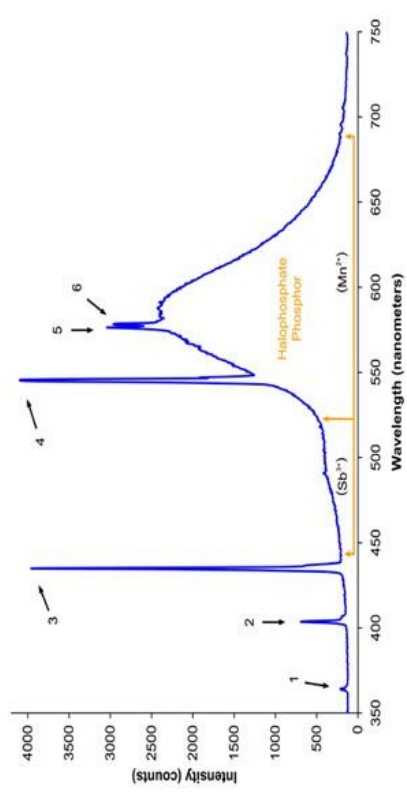
Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000500025](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000500025)



Fonte: [www.dermatologia.net](http://www.dermatologia.net)

# FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Espectro de emissão de uma lâmpada fluorescente típica



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Spectrum\\_of\\_halophosphate\\_type\\_fluorescent\\_bulb\\_%283012\\_wv\\_rs%29.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Spectrum_of_halophosphate_type_fluorescent_bulb_%283012_wv_rs%29.png)

## RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

$$IUV = \frac{\text{Energia}}{\text{área} \times \text{tempo}} \quad \left[ \frac{J}{m^2 \cdot s} \right]$$



## RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

O Índice Ultravioleta (IUV) é uma medida da intensidade da radiação UV, relevante para efeitos sobre a pele humana.

O IUV representa o valor máximo diário da radiação ultravioleta.

O IUV é sempre apresentado para uma condição de céu claro. Isto é, para ausência de nuvens que, na maioria dos casos, representa a máxima intensidade de radiação.

# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA- ÍNDICE UV

O IUV é apresentado como um número inteiro. De acordo com recomendações da Organização Mundial da Saúde, esses valores são agrupados em categorias de intensidades, conforme mostra a Tabela.

<b>Categoria</b>	<b>Índice Ultravioleta</b>
Baixo	<2
Moderado	3 a 5
Alto	6 a 7
Muito alto	8 a 10
Extremo	>11

Cada unidade de IUV corresponde a  $25 \times 10^{-3} \frac{J}{m^2 s}$



# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Influência da altitude

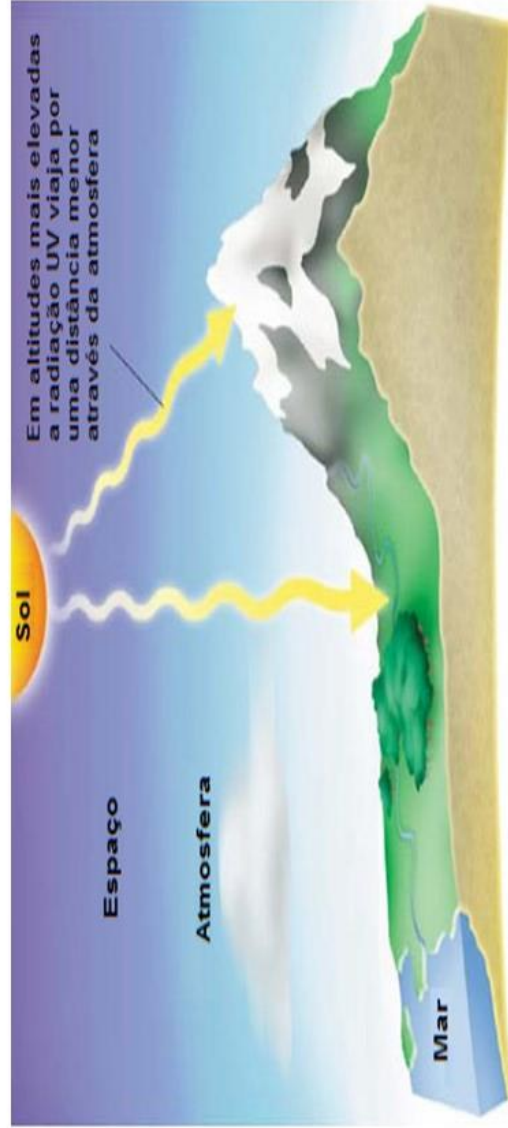


Figura 1: Influência da altitude em relação ao nível de radiação UV (ANDRADE, 2007)

# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Reflexão da radiação UV na superfície terrestre

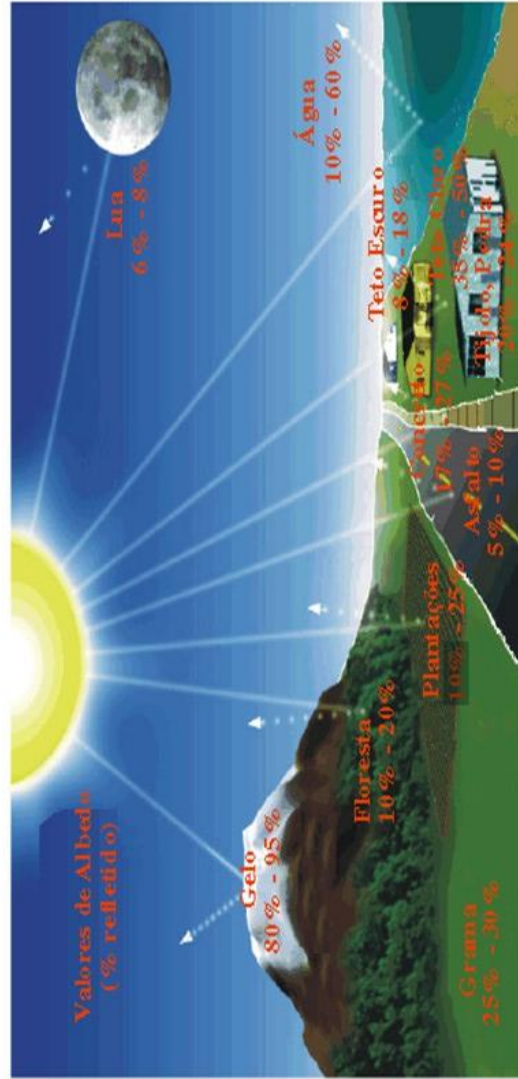


Figura 2: Valores de albedo (adaptado de lexique de Géologie)



# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA-CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE UV







ÍNDICE UV	FAIXA	ALERTA	RECOMENDAÇÃO
1 e 2	baixo	verde	nenhuma
3 a 5	moderado	amarelo	
6 e 7	alto	laranja	
8 a 10	muito alto	vermelho	 
11+	extremo	púrpura	 

Tabela 2: classificação dos níveis de UV. Fonte: PUC MINAS, LLUV - Laboratório de Luz Ultravioleta

# RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Previsão do índice UV - Maio de 2017

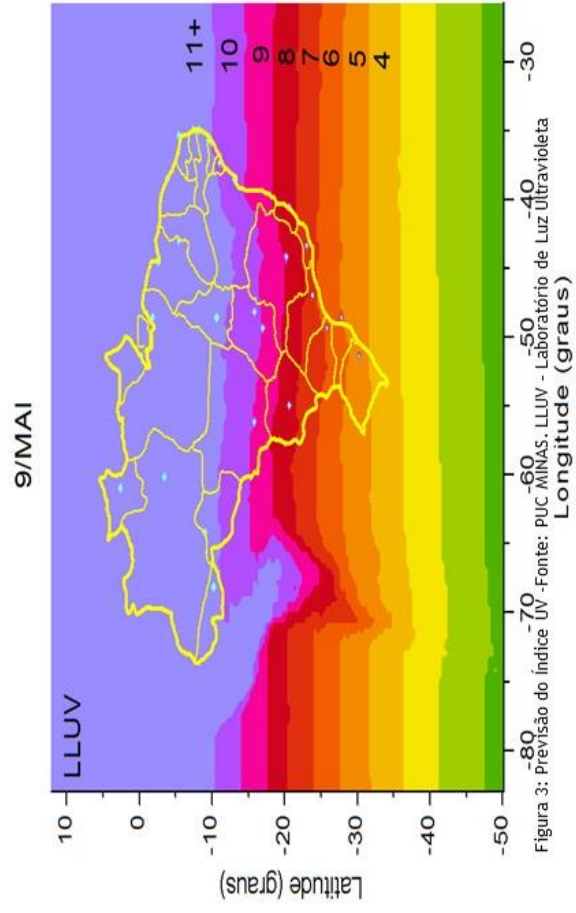


Figura 3: Previsão do índice UV - Fonte: PUC MINAS. LLUV - Laboratório de Luz Ultravioleta



# MOLÉCULA DE OZÔNIO

As moléculas de ozônio são formadas quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com as moléculas de oxigênio. O átomo de oxigênio liberado por essa reação une-se a uma molécula de oxigênio ( $O_2$ ), formando assim uma molécula de ozônio ( $O_3$ ).

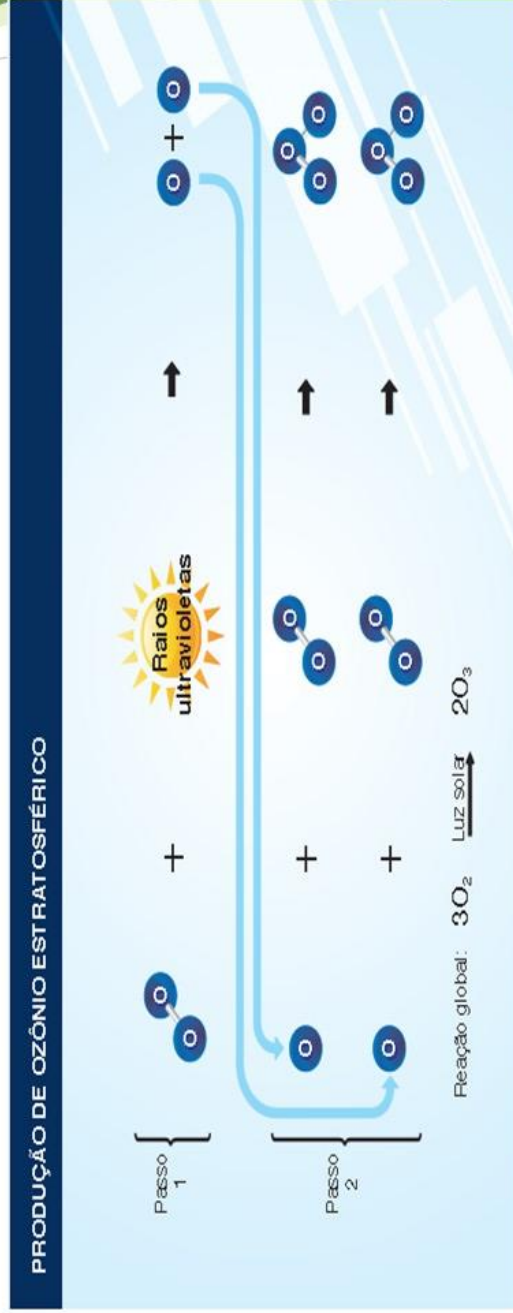


Figura 4: Produção de ozônio estratosférico.  
Fonte: Ministério do Meio Ambiente. Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2014.

# OZÔNIO

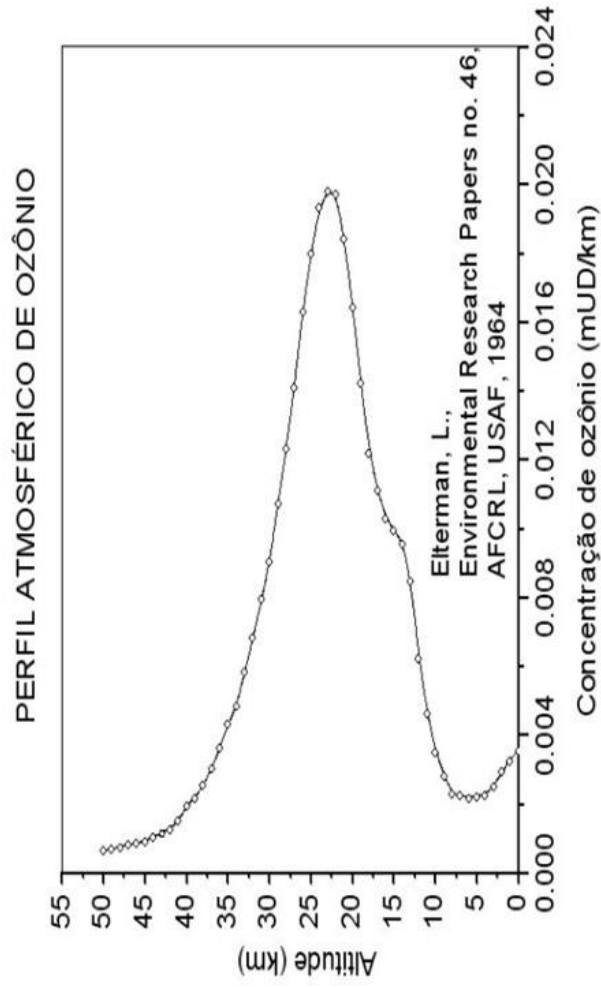


Figura 5: concentração de ozônio em função da altitude. Fonte: PUC MINAS. LLUV - Laboratório de Luz Ultravioleta

# MOLÉCULA DE CFC

Substâncias químicas sintetizadas em laboratórios formadas por carbono, cloro e flúor, responsáveis pela depleção da camada de ozônio, alterando a quantidade de O<sub>3</sub> presente na Troposfera.

CFC-11	Agente de expansão de espuma de poliuretano Propelente em aerossóis e medicamentos
CFC-12	Agente de expansão na fabricação de espuma de poliuretano Propelente em aerossóis e medicamentos Fluido na refrigeração comercial, doméstica e industrial Em mistura com óxido de etileno como esterilizante
CFC-13	Solvente para limpeza de elementos de precisão eletrônica
CFC-14	Propelente em aerossóis e medicamentos
CCF-15	Refrigeração comercial

Tabella 3: Aplicações dos CFCs - Fonte MMA/IBAMA



# INTERAÇÃO OZÔNIO-CFC

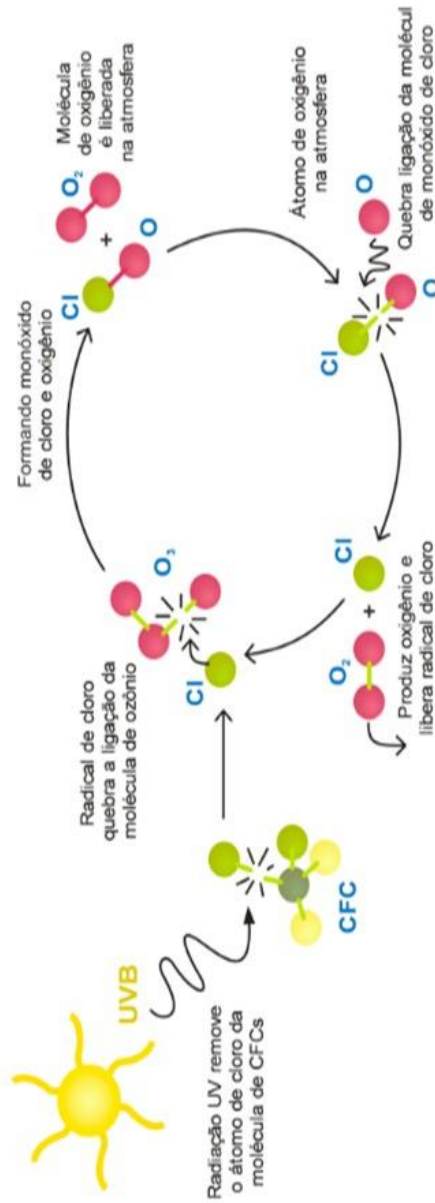


Figura 6: Destruição da camada de ozônio  
Fonte: <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>.





## TIPOS DE TUMORES

- ▶ **Tumor benigno:** É uma massa localizada de células que se multiplicam vagarosamente e se assemelham ao seu tecido original, raramente constituindo um risco de vida. Essas células não invadem tecidos vizinhos e não provocam metástases.

## TIPOS DE TUMORES

- ▶ **Tumor maligno** - qualquer crescimento que resulta na invasão e destruição de tecido saudável por células anormais. Células cancerosas surgem de células normais cujas propriedades foram alteradas por sucessivas mutações genéticas provocadas por agressões repetidas de agentes químicos, radiações, etc.

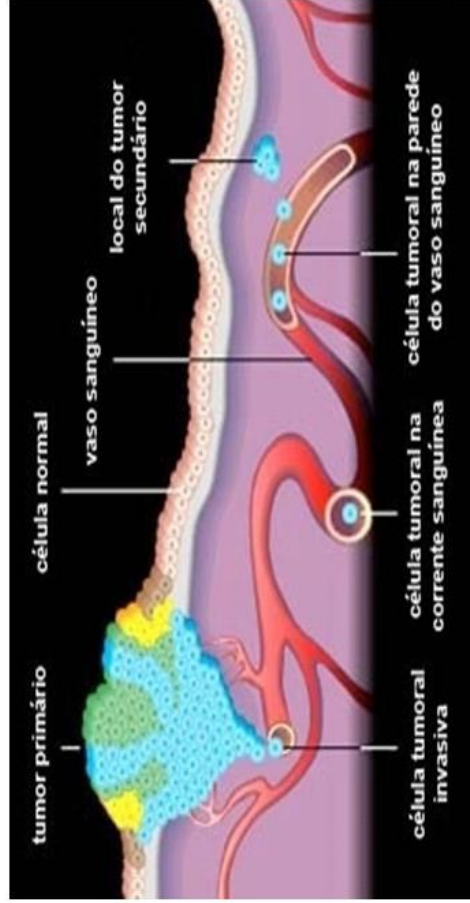


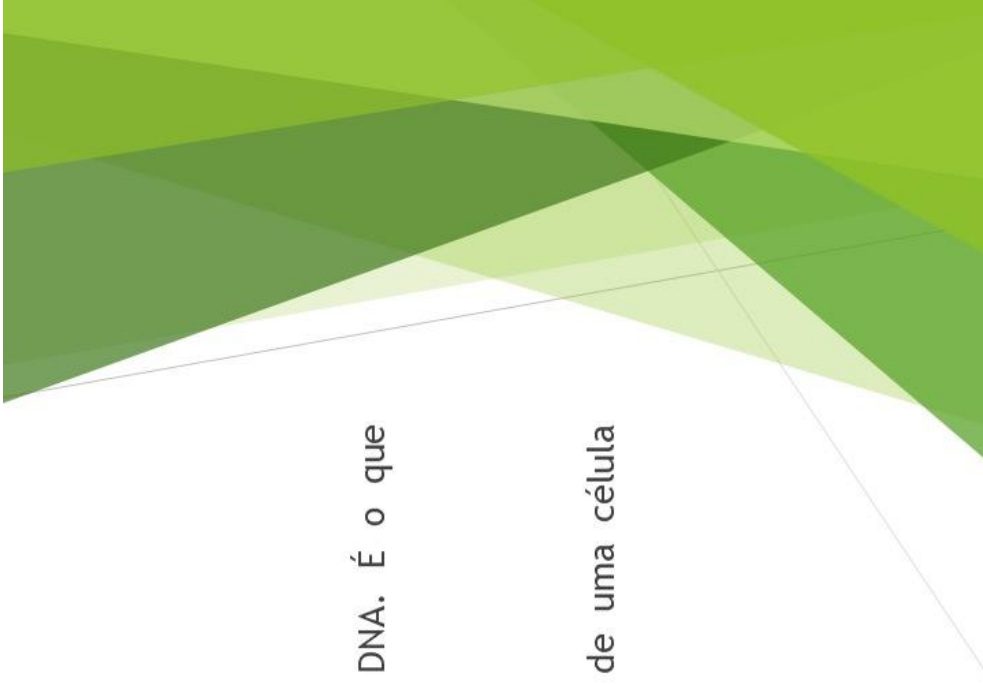
Figura 7- Fonte: INCA Instituto Nacional de Câncer

## ORIGEM DOS TUMORES

- ▶ As células que constituem os animais são formadas por três partes: a membrana celular, que é a parte mais externa; o citoplasma (o corpo da célula); e o núcleo, que contém os cromossomos, que, por sua vez, são compostos de genes.
- ▶ Os genes são arquivos que guardam e fornecem instruções para a organização das estruturas, formas e atividades das células no organismo.
- ▶ Toda a informação genética encontra-se inscrita nos genes, numa "memória química" - o ácido desoxirribonucleico (DNA). É através do DNA que os cromossomos passam as informações para o funcionamento da célula.

## ORIGEM DOS TUMORES

- ▶ Uma célula normal pode sofrer alterações no seu DNA. É o que chamamos mutação genética.
- ▶ Sabe-se, atualmente, que danos sucessivos no DNA de uma célula podem levar ao surgimento do câncer.



## TIPOS DE CÂNCER DE PELE

- ▶ **Carcinoma:** Tumor maligno derivado de tecido epitelial.
- ▶ **Carcinoma espinocelular:** Tipo de câncer que se desenvolve em áreas cronicamente expostas ao Sol, com baixo potencial metastático. Seu desenvolvimento depende da dose cumulativa da RUV incidente através de anos.
- ▶ **Carcinoma de células basais:** Tipo de câncer de pele que origina-se de células basais (células redondas encontradas na parte inferior (ou base) da epiderme, a camada externa da pele).
- ▶ **Melanoma:** câncer de pele que surge em melanócitos (células que produzem pigmentação). É o câncer cutâneo de pior prognóstico, que pode evoluir com metástase e óbito.

## RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E A PELE

- ▶ **Efeitos benéficos**
- ▶ A radiação ultravioleta estimula a produção da vitamina D<sub>3</sub>(colecalciferol), envolvida no metabolismo ósseo e no funcionamento do sistema imunológico, e é utilizada no tratamento de doenças de pele como psoríase e vitiligo.





**LA ROCHE-POSAY**  
LABORATOIRE PHARMACEUTIQUE



## PROTETOR SOLAR E FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR

- ▶ De acordo com a RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) n° 30 de 2012 ANVISA, “protetor solar é qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação” (BRASIL, 2012).
- ▶ O conceito de fator de proteção solar (SPF- sun protection factor) foi introduzido pelo cientista austríaco Franz Greiter e depois adotado pelas agências reguladoras e pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticos.



## PROTETOR SOLAR E FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR

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 e a quantidade de energia requerida para produzir o mesmo efeito protetor na pele sem filtro.

$$\text{FPS} = \frac{DME_p}{DME_{sp}}$$

*DME<sub>p</sub>*: Dose mínima eritematosa da pele protegida.

*DME<sub>sp</sub>*: Dose mínima eritematosa da mesma pele sem proteção.

# TEMPO DE EXPOSIÇÃO AOS RAIOS SOLARES

SEM PROTEÇÃO	PELE CLARA	PELE MORENA CLARA	PELE MORENA	PELE NEGRA
SP	10 min	15 min	20min	25 min
FPS 3	30 min	45 min	1h	1h 15 min
FPS 5	50 min	1h 15 min	1h 40 min	2h 05 min
FPS 8	1h 20 min	2h	2 40 min	3h 20 min
FPS 15	2h 30 min	3h 45 min	5 h	6h 15 min
FPS 20	3h 20 min	5h	6h 40 min	8h 20 min
FPS 30	5h	7h 30 min	10h	12h 30 min

Tabela 3: Tempo de uso de fotoprotetores de acordo com o fototipo de pele. Fonte: SOUZA (2004) apud CABRAL, PEREIRA, PARTATA(2011).

## BIBLIOGRAFIA

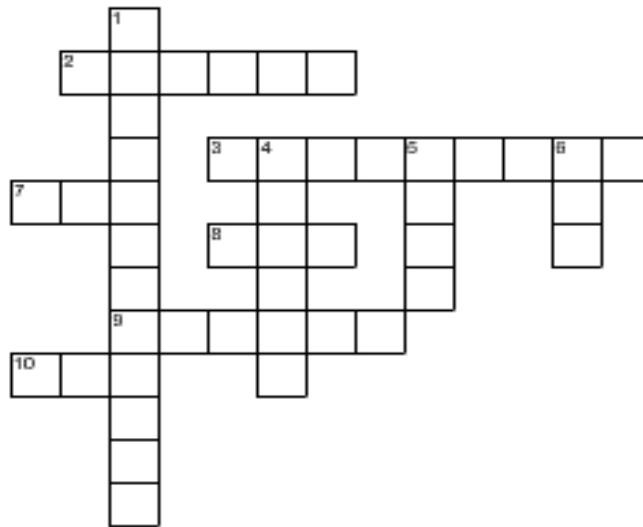
- ▶ ANDRADE, Ricardo César de. Estimativa da irradiância solar ultravioleta horária no semi-árido pernambucano. 2007. 81 f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares.
- ▶ BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Proteção da Camada de Ozônio**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- ▶ CIRINO, Marcelo Maia; SOUZA, Aguiinaldo Robinson de. O discurso de alunos do ensino médio a respeito da "camada de ozônio". **Ciênc. educ.** (Bauru) [online]. 2008, v.14, n.1, p.115-134. ISSN 1516-7313. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000100008>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.
- ▶ COSTA, Michelle L; SILVA, Roberto Ribeiro da. **Ataque à Pele**. Química Nova na Escola, n. 1, Maio 1995.
- ▶ CRUZ, Vanda Maria Fogaça Rosa da; ACOSTA-AVALOS, Daniel; BARJA, Paulo Roxo. **Estudo da fotoestabilidade de protetores solares por espectroscopia fotoacústica**. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, São José dos Campos, p.1505-1508, 2005.

## BIBLIOGRAFIA

- ▶ SILVA, Abel A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública. **Rev. Bras. Geof.**[online]. 2008, v. 26, n. 4, p.417-425. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2008000400003>>. Acesso em: 03 Ago. 2016.

**Atividade 1:** Nesta atividade, propomos uma palavra cruzada que tem como objetivo fazer uma relação das informações propostas no texto desta sequência didática.

### RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA



#### Horizontal

2. Fração da radiação incidente que é refletida por uma superfície.
3. É a medida do grau de risco para o efeito de eritema para alguém que se expõe ao Sol.
7. Radiação com comprimento de onda superior a 315 nm, alcança a derme após absorção variável pela melanina epidérmica.
8. Radiação com maior poder carcinogênico. É letal para a epiderme e tem ação germicida.
9. É uma molécula composta por três átomos de oxigênio que blinda a superfície do planeta da alta intensidade da radiação solar.
10. Principal fonte de radiação ultravioleta.

**Vertical**

1. Radiação eletromagnética que está no limite entre a radiação ionizante e não ionizante.
4. A atenuação da radiação solar é o efeito mais comum produzido por esse agente, porém o espalhamento da radiação solar em certos tipos deste agente pode resultar numa incidência de radiação UV superior.
5. substâncias químicas sintetizadas em laboratório que tem sido responsável pela depleção da camada de ozônio.
6. Conhecida como luz eritematogênica, altera o sistema imune e é o principal indutor do câncer cutâneo.

## APÊNDICE A2: SITUAÇÃO PROBLEMA

**Esta atividade em forma de situação problema tem como objetivo fazer uma análise da relação entre a radiação ultravioleta solar, o protetor solar e a icterícia.**

Uma família de europeus escolheu as praias do Nordeste para uma temporada de férias. Fazem parte da família um garoto de 4 anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de 1 ano de idade, ambos loiros de olhos azuis. Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar com FPS  $\geq 20$  e o seu irmão não deve usar filtro algum porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar filtro solar com FPS  $\geq 20$ . Perante a situação apresentada, proponha uma explicação científica que estabeleça uma resposta concreta para o fato, levando em consideração as opiniões dos pais. (Questão do ENEM 2007 Adaptada).

---



---



---



---



---

Os pais têm algumas informações sobre a icterícia fornecidas pelo médico da criança:

### **O que é a icterícia?**

É uma alteração causada pelo aumento de bilirrubina no sangue, um pigmento amarelo fabricado naturalmente pelo organismo. Quando as células vermelhas se rompem, em um processo fisiológico, ocorre a liberação dessa substância, que vai direto para o fígado. Em seguida, ela é metabolizada e descartada por meio da urina. Como as funções hepáticas da criança ainda não estão maduras, pode haver uma deficiência nesse mecanismo – a bilirrubina fica, então, concentrada na corrente sanguínea e o tom amarelo toma conta da pele, bem como das conjuntivas (parte branca dos olhos).” Texto extraído da Revista Crescer eletrônica no endereço.

<http://revistacrescer.globo.com/Bebes/Saude/noticia/2016/02/ictericia-como-lidar-com-o-problema.html> (acesso em 3 de maio de 2017)

### **Mecanismo de ação da fototerapia**

O sucesso da fototerapia depende da transformação fotoquímica da bilirrubina nas áreas expostas à luz. Essas reações alteram a estrutura da molécula de bilirrubina e permitem que os fotoprodutos sejam eliminados pelos rins ou pelo fígado sem sofrerem modificações metabólicas. Portanto, o mecanismo e a ação básica da fototerapia é a utilização de energia luminosa na transformação da bilirrubina em produtos mais hidrossolúveis (Bland, 1996). A bilirrubina absorve luz na região de 400 a 500 nm. A luz emitida nessa faixa penetra na epiderme e atinge o tecido subcutâneo. Dessa forma, somente a bilirrubina que está próxima à superfície da pele (até 2 mm) será afetada diretamente (De Carvalho, Lopes & Netto, 1999; De Carvalho, Lins & Lopes, 1992). “ Trecho extraído do livro MOREIRA, MEL., LOPES, JMA and CARALHO, M., orgs. O recém-nascido de alto risco: teoria e prática do cuidar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2004. 564 p. ISBN 85-7541-054-7. Available from SciELO Books.

Além disso, os pais consultaram a empresa fabricante do filtro solar e foram informados que o filtro que eles tinham comprado era feito com a substância do *p*-metoxicinamato de 2etil-hexila, 5,16 mg L<sup>-1</sup> em etanol, que apresenta o seguinte espectro de absorção.

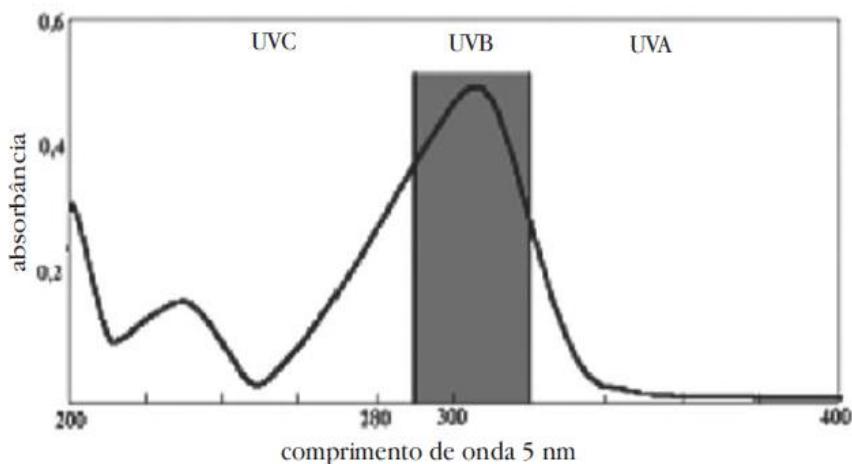


GRÁFICO 1: Espectro de absorção do filtro *p*-metoxicinamato de 2 etil-hexila, 5,16 mg L<sup>-1</sup> em etanol



## APÊNDICE A3: TIPOS DE RADIAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS

**Texto retirado na íntegra** do livro OKUNO, E. e CALDAS.I.L. e CHOW.C., **Física para Ciências Biológicas e biomédicas**. (1982, p. 8,9,10).

**Nesta aula com o conhecimento sobre o intervalo de comprimento estabelecido no simulador, identificaremos os tipos de radiações, suas características e seu poder de penetração no tecido epitelial.**

As radiações de ambos os tipos, corpusculares e eletromagnéticas, quando possuem energia suficiente, atravessam a matéria, ionizando (removendo elétrons de) átomos e moléculas, e assim modificando seu comportamento químico. Como consequência, podem ocorrer mutações genéticas e modificações nas células vivas. Essa ação destrutiva sobre as células pode ser utilizada no tratamento de tumores. Embora essas radiações produzam efeitos gerais semelhantes nos seres vivos cada uma delas possui características próprias.

A seguir serão examinadas as características individuais de alguns tipos mais comuns de radiações.

### **Radiação alfa ou partícula alfa ( $\alpha$ )**

As partículas alfa são núcleos do átomos de hélio, constituído de dois prótons e dois nêutrons. Uma partícula alfa é, pois, muito mais pesada que um elétron e sua trajetória num meio material é retilínea.

Na interação de uma partícula alfa com átomos de ar, a primeira perde, em média 33 eV por ionização. Então, uma partícula alfa com energia cinética inicial de 4,8 MeV, emitida pelo rádio-226, produz cerca de:

$$\frac{4,8 \times 10^6 \text{ eV}}{33 \text{ eV}} \cong 145000 \text{ ionizações antes de parar.}$$

A distância que uma partícula percorre antes de parar é chamada alcance. Num dado meio, partículas alfa de igual energia têm o mesmo alcance. Portanto,

aumentando-se a energia das partículas alfa, aumenta-se o alcance para um dado meio.

Por outro lado, fixando-se a energia da partícula alfa, o alcance diminui, se a densidade do meio aumentar.

O alcance das partículas alfa é muito pequeno, como se pode ver na tabela 1, o que faz que elas sejam facilmente blindadas. Uma folha finíssima de alumínio de  $21 \mu\text{m}$  ( $10^{-3}\text{m}$ ) barra completamente um feixe de partículas alfa de 5 MeV ( $10^6\text{eV}$ ).

Tabela 15 – Alcance das partículas  $\alpha$  e  $\beta$  no ar, no tecido humano e no alumínio

Energia (MeV)		Alcance (cm)	
<b>Partícula alfa</b>	<b>Ar</b>	<b>Tecido humano</b>	<b>Alumínio</b>
1,0	0,55	$0,33 \times 10^{-2}$	$0,32 \times 10^{-3}$
2,0	1,04	$0,63 \times 10^{-2}$	$0,61 \times 10^{-3}$
3,0	1,67	$1,00 \times 10^{-2}$	$0,98 \times 10^{-3}$
4,0	2,58	$1,55 \times 10^{-2}$	$0,50 \times 10^{-3}$
5,0	3,50	$2,10 \times 10^{-2}$	$2,06 \times 10^{-3}$
<b>Partícula beta</b>	<b>Ar</b>	<b>Tecido humano</b>	<b>Alumínio</b>
0,01	0,23	$0,27 \times 10^{-3}$	_____
0,1	12,0	$1,51 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-3}$
0,5	150	0,18	$5,9 \times 10^{-2}$
1,0	420	0,50	0,15
2,0	840	1,00	0,34
3,0	1260	1,50	0,56

Mesmo sem blindagem, a referida partícula alfa não consegue atravessar a pele humana. Entretanto, a ingestão de uma fonte emissora de partículas alfa por uma pessoa poderá causar danos profundos a certas partes do corpo e morte.

As partículas alfa são produzidas principalmente nos decaimentos de elementos pesados como urânio, tório, plutônio e rádio. Usualmente são acompanhadas de radiação beta e gama.

### **Radiação beta ou partícula beta ( $\beta$ )**

Partículas beta são elétrons ( $e^-$ ) e pósitrons ( $e^+$ , partículas idênticas ao elétron, exceto no sinal de carga), que são muito mais penetrantes que as partículas alfas.

A radiação beta, ao passar por um meio material, também perde energia ionizando os átomos que encontra no caminho. Para blindar as partículas beta, pode – se usar plástico ou alumínio.

### Nêutrons (n)

Os nêutrons são partículas sem carga e não produzem ionização diretamente, mas o fazem indiretamente, transferindo energia para outras partículas carregadas que, por sua vez, podem produzir ionização.

Os nêutrons podem percorrer grandes distâncias através da matéria. Eles são blindados por materiais ricos em hidrogênio, como por exemplo, parafina ou água.

As características particulares como carga e massa das radiações corpusculares são apresentadas na tabela 16.

Tabela 16- carga e massa das radiações corpusculares

	Alfa	Elétron	Pósitron	Nêutron	Próton
Carga	+ 2e	-e	+e	0	+e
Massa ( kg)	$6,644 \times 10^{-27}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$1,675 \times 10^{-27}$	$1,672 \times 10^{-27}$

### Radiação gama ou raios gama ( $\gamma$ )

Os raios gama são ondas eletromagnéticas extremamente penetrantes. Eles interagem com a matéria pelo efeito fotoelétrico, pelo efeito Compton ou pela produção de pares, e nesses efeitos são emitidos elétrons ou pares elétron-pósitron que, por sua vez, ionizam a matéria.

Um fóton de radiação gama pode perder toda energia numa única interação, e a distância que ele percorre antes de interagir não pode ser prevista. Tudo que se pode prever é a distância em que ele tem 50% de chance de interagir.

Essa distância se chama camada semi-redutora. A tabela 17 dá as camadas semi-redutoras no tecido humano e no chumbo para raios X ou raios gamas de algumas energias.

Tabela 17- camada semi-redutora no tecido humano e no chumbo para os raios X ou gama

Energia (MeV)	Camada semi-redutora (cm)		
	Raios X ou gama	Tecido humano	Chumbo
0,01		0,13	$4,5 \times 10^{-4}$
0,05		3,24	$0,8 \times 10^{-2}$
0,1		4,15	$1,1 \times 10^{-2}$
0,5		7,23	0,38
1,0		9,91	0,86
5,0		23,10	1,44

### Raios X

Os raios X são também ondas eletromagnéticas, exatamente como os raios gama, diferindo apenas quanto a origem, pois os raios gama se originam dentro do núcleo atômico, enquanto que os raios X têm origem fora do núcleo, na desaceleração dos elétrons. Suas características são, portanto, as mesmas da radiação gama.

**Problemas Propostos de 1 a 4 extraídos do livro da OKUNO, E. e CALDAS.I.L. e CHOW.C., Física para Ciências Biológicas e biomédicas. (1982, p. 11).**

1: A camada semi-redutora para a radiação gama de 0,1 MeV é de 4,15 cm no tecido humano.

a) Será maior ou menor que 4,15 cm a camada semi-redutora no chumbo para a mesma radiação gama?

b) Será maior ou menor que 4,15 cm a camada semi-redutora no tecido humano para a radiação gama de 5 MeV?

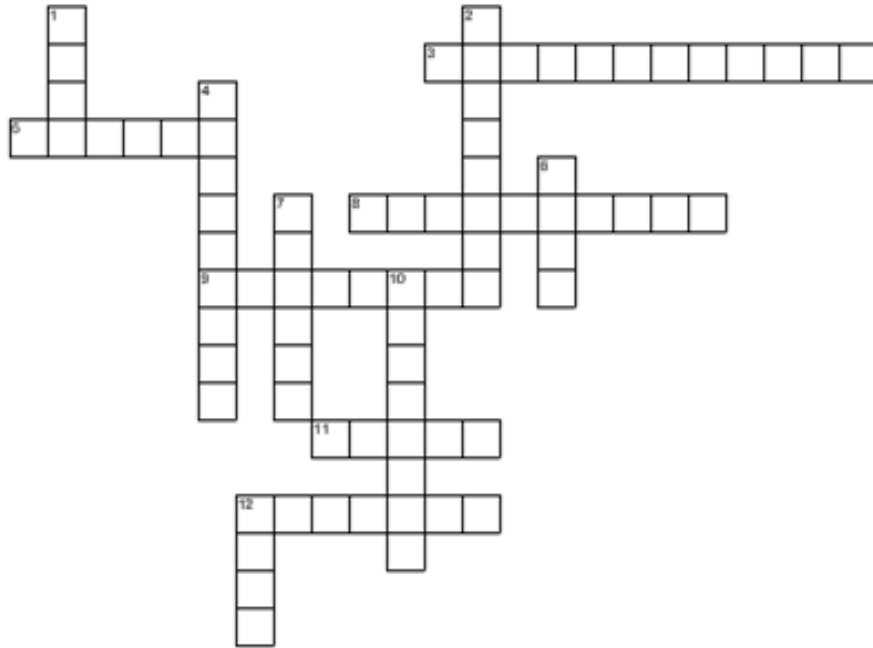
2: Uma lâmpada azul de 100 W emite luz de comprimento de onda de 450 nm. Se 12% da energia surge sob forma de luz, quantos fótons são emitidos por segundo?

3: Seja a componente da luz solar de comprimento de onda de  $5000 \text{ \AA}$ , com intensidade de  $12 \text{ W/m}^2$ . Calcule o número de fótons por segundo que entra na pupila do olho humano de 5 mm de diâmetro.

4: Um cirurgião tenta colar uma retina descolada usando pulsos de raio laser com duração de 20 ms, com uma potência de 0,6 W. Quanta energia e quantos fótons são emitidos em cada pulso se o comprimento de onda do raio laser é de 643nm?

5: Nesta atividade propomos uma cruzadinha que tem como objetivo fazer uma relação das informações propostas no texto desta sequência didática.

### TIPOS DE RADIAÇÕES E SUAS CARACTERÍSTICAS



#### HORIZONTAL

3. Tipo de radiação responsável pelo câncer de pele.
5. São gerados em processos de desaceleração dos elétrons.
8. Tipo de radiações que podem arrancar elétrons que constitui a matéria, transformando-os em íons.
9. Uma folha de 21  $\mu\text{m}$  de espessura desse material é capaz de blindar as partículas de energia igual a 5 MeV. =  $5 \times 10^6$  eV.
11. Decaimento desse elemento produz partículas alfa, beta e gama.
12. Distância que uma partícula percorre antes de parar.

#### VERTICAL

1. Essas partículas são compostas por elétrons e pósitrons e são mais penetrantes que as partículas alfas.
2. Material utilizado para blindar partículas beta.
4. Processo de interação da radiação ultravioleta com os átomos do nosso corpo.
6. Radiações que são ondas eletromagnéticas extremamente penetrantes.

7. Nesse material para uma radiação gama de energia igual a 0,5 MeV a camada semi redutora é igual a 0,38 cm.

10. Partículas sem carga que percorrem grandes distâncias através da matéria e são blindados pelo hidrogênio.

12. Partículas constituídas por dois prótons e dois elétrons.

## APÊNDICE A4: FILTROS SOLARES, BRONZEAMENTO E CÂNCER DE PELE.

**Nesta aula faremos uma consolidação das aulas anteriores por meio do artigo “Ataque a Pele” da revista Química e Sociedade, abordaremos a proteção via uso de filtros solares, tempo de exposição aos raios solares e os tipos de câncer de pele.**

**Abaixo está uma cópia do artigo.**

Química e Sociedade

### **Ataque à Pele<sup>4</sup>**

A ciência e a tecnologia têm sido ao mesmo tempo solução e causa de problemas sociais. A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam aspectos importantes da interface ciência/ sociedade, procurando sempre que possível analisar o potencial e as limitações da ciência na solução de problemas sociais. Este texto inicia a série falando sobre os efeitos da luz solar sobre a pele humana. Paralelamente ao efeito mais visível, o bronzeamento, a exposição excessiva ao sol pode causar eritemas e até mesmo alguns tipos de câncer, efeitos que podem ser minimizados pelo uso de loções que contenham substâncias que atuem como filtros solares.

**Palavras-chaves:** filtros solares, bronzeamento, radiação ultravioleta.

Uma investigação histórica do banho solar entre os seres humanos traz conclusões bastante curiosas. Mesmo em uma rápida retrospectiva, verifica-se que a pele branca muitas vezes indicou posição de destaque na sociedade. Enquanto trabalhadores, servos e escravos passavam a maior parte do seu tempo ao sol, os aristocratas procuravam a sombra, carregando guarda-sóis, usando chapéus ou viseiras e ficando em lugares cobertos. Para muitos, entretanto, a Revolução Industrial levou embora a busca da palidez. Os trabalhadores, agregados em fábricas, passavam longos períodos em lugares fechados. A industrialização barateou o custo da sombra e aumentou o preço da luz solar.

---

<sup>4</sup> Artigo Ataque à Pele de Michele L. Costa e Roberto Ribeiro da Silva, publicado na revista Química Nova na Escola, no. 1 de maio de 1995, utilizado na íntegra com o formato adaptado à esta dissertação.



Quem tinha um bronzeado mostrava que tinha tempo livre e saúde para viajar aos locais onde pudesse tomar muito sol. Esta é uma versão da história. Uma outra é que na alta sociedade europeia, na década de 20, o chique era ter a tez branco-leite. Somente pessoas simples, que trabalhavam nos campos, eram bronzeadas. Então, a estilista Coco Chanel, depois de um cruzeiro pelo Mediterrâneo, apareceu com um bronzeado dourado. Sempre ditando tendências, Chanel fez de sua cor a coqueluche do momento. Foi aí que começou a nova era do bronzeado. Hoje em dia, o sentido do bronzeado está intimamente ligado a tempo de lazer ou a férias. Nessas ocasiões, as pessoas gastam mais tempo preocupando-se com a estética. Tanto na praia como na piscina, as queixas são sempre as mesmas:

- Por que é que todo mundo consegue pegar um bronzeado melhor do que o meu?
- Será que possuem um tipo diferente de pele?
- Será que estão usando um bronzeador com algum tipo de fórmula mágica?
- Por que minha pele quase sempre fica vermelha e descasca?

Acabe com as chateações controlando seu bronzeado. É fácil: basta saber como o sol afeta a pele e como determinadas substâncias atuam numa loção. Vamos começar pelas noções básicas.

### **O beabá dos raios solares**

O sol emite um amplo espectro de radiação eletromagnética, e a maior parte dela é muito nociva para os seres vivos. No entanto, grande parte da radiação nociva – raios cósmicos, raios X, ultravioleta (Tabela 1) – é absorvida pelas camadas superiores da atmosfera, principalmente pela camada de ozônio. Daí a preocupação com a possível destruição da camada de ozônio pela ação das substâncias emitidas pelas turbinas de aviões supersônicos, aviões militares e jatos comerciais e dos aerossóis que expõem clorofluorocarbonetos.

A radiação eletromagnética pode ser descrita como sendo constituída por ondas eletromagnéticas. As diferentes ondas que compõem a radiação solar podem ser diferenciadas através de seus comprimentos de onda. A distância entre dois pontos simétricos e consecutivos de uma onda (ou de dois mínimos) é o que se denomina comprimento de onda (figura 1).

Tipo de radiação	Comprimento de onda / nm
raios cósmicos e raios gama	0,01 a 0,1
raios -X	0,1 a 200
raios ultravioletas	200 a 400
luz visível	400 a 700
luz infravermelha	700 a 50000
microondas	50 000 a 10 000 000
ondas de rádio	10 000 000 a $10 \times 10^{12}$

Tabela 1: O espectro eletromagnético. Um nanometro (nm) corresponde a  $10^{-9}$  m.

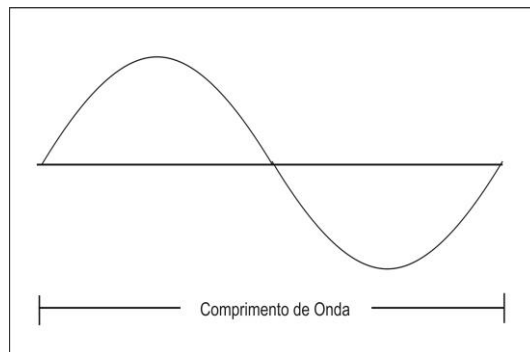


Figura 1: Uma onda e o seu comprimento de onda.

Da parte do espectro eletromagnético que atinge a superfície da Terra (ultravioleta, visível e infravermelho), a faixa que está diretamente envolvida com o bronzeamento da pele é a do ultravioleta, a mais energética das três. Essa faixa possui um comprimento de onda que varia, aproximadamente de 200 a 400 nanômetros. De acordo com suas propriedades físicas e com seus efeitos biológicos, a faixa ultravioleta é normalmente dividida em sub-regiões. UV-C, UVB e UVA.

Os raios UV-C variam de 200 a 290 nm, sendo os de maior energia e menor comprimento de onda. Essa radiação é nociva aos tecidos vivos. Pode matar organismos unicelulares e prejudicar a córnea dos olhos. Felizmente, o UV-C é absorvido pela camada de ozônio da atmosfera. O comprimento de onda dos raios UV-B varia de 290 a 320 nm, e atinge a superfície da Terra em quantidades muito

pequenas. O UVB provoca a vermelhidão associada às queimaduras do sol, sendo também um dos grandes causadores de alguns tipos de câncer de pele.

Os raios UV-A variam de 320 a 400 nm e são a menos energética das três sub-regiões. 'Luzes negras', usadas para iluminar boates, estão incluídas nesse comprimento de onda. Assim como o UV-B, o UV-A é capaz de acionar os mecanismos do bronzeamento, sendo chamado algumas vezes de 'raio bronzeador do sol'.

Embora o UV-B seja o principal responsável pelos efeitos nocivos à pele, alguns especialistas acreditam que o UV-A também contribua na produção de queimaduras.

### **A profundidade da pele**

A pele humana possui diversas camadas de tecido. A camada mais externa é conhecida como epiderme. Na parte superior da epiderme, o estrato córneo, células mortas estão comprimidas de forma compacta em uma camada de aproximadamente 20 células de profundidade. A segunda camada é a derme. Essa camada importante possui o tecido conjuntivo, os capilares, os nervos, as glândulas sudoríparas e os folículos capilares.

Ao longo da membrana que liga a epiderme à derme se encontram dois tipos de células especializadas que são de particular interesse dos banhistas. Uma é a célula basal. As células basais reproduzem células para a epiderme chamadas queratinócitos. Os queratinócitos, ao longo de sua vida, vão se aproximando cada vez mais da superfície externa devido ao surgimento constante de novos queratinócitos, provenientes da camada basal, que empurram os mais antigos. Durante esse trajeto, essas células tornam-se achatadas e alongadas e morrem. As células mortas, que agora formam o estrato córneo, são pressionadas para cima até serem desprendidas por um processo conhecido como descamação. Na pele não bronzeada, os queratinócitos medianos levam de três a quatro semanas para migrar à camada basal da superfície da epiderme.

### **Injeção de bronzeado**

A outra célula especializada produzida ao longo da membrana que une a epiderme à derme é o melanócito.

Essas células, embora em pequena quantidade, têm um importante papel na proteção do corpo. Quando os raios UV-A ou UV-B atingem os melanócitos, eles emitem uma resposta, produzindo um pigmento da pele chamado melanina (um polímero complexo), capaz de absorver radiação ultravioleta. Nascermos com diferentes quantidades desse polímero. Pessoas de compleição clara têm pouca melanina; as de pele morena têm mais e as de pele escura têm muita. A melanina interage com a radiação solar em dois estágios. No primeiro, grânulos pálidos (desoxigenados) de melanina próximos à superfície da pele são transformados, pela luz ultravioleta, em cor escura (oxidada). Isso produz um bronzeado imediato — normalmente no prazo de uma hora — que desaparece dentro de um dia. Um bronzeado mais duradouro é proporcionado pelo segundo estágio. Nesse processo, novas quantidades de melanina são produzidas a partir da tirosina, um aminoácido abundante na proteína da pele. Esse segundo estágio de bronzeamento resiste por vários dias sem a necessidade de exposições posteriores ao sol. Novos banhos de sol não só produzem mais melanina como também aumentam as cadeias de polímero e realçam a cor, contudo, se mesmo depois de terem sido estimuladas pela radiação ultravioleta as células responsáveis pela produção de melanina possuírem uma baixa atividade, então é possível que a pessoa nunca fique bronzeada. Entretanto, o efeito final da radiação ultravioleta é a danificação das proteínas que constituem o tecido elástico e conectivo da pele. Isso produz um irreversível envelhecimento da pele, que se tornará enrugada, dura e macilenta.

### **Vermelho rubro**

Um sinal comum da exposição excessiva é a vermelhidão – ou eritema – associada a queimaduras solares. Em geral, os pesquisadores concordam que essa reação inflamatória, que pode persistir por muitos dias, é um resultado ou da ação direta dos fótons ultravioletas sobre pequenos vasos sanguíneos ou da liberação de compostos tóxicos de células epidérmicas danificadas. As toxinas espalham-se pela derme, danificando os capilares e causando a vermelhidão, o calor, o inchaço e a

dor. Mais sangue circula pelas áreas afetadas pelo UV, auxiliando no processo de recuperação. O grande volume de sangue faz a pele parecer avermelhada.

A circulação de sangue, que aumentou, também dissipa uma grande quantidade de calor do corpo, e este é o motivo pelo qual a área da pele que foi queimada parece quente ao toque. Essa reação normalmente atinge o auge entre 12 e 24 horas.

### **Autodefesa**

A pele possui diversos mecanismos de autoproteção. Sua defesa mais simples é aumentar a distância que a radiação deve percorrer antes de causar danos. A pele acelera a produção de queratinócitos, o que torna a epiderme e o estrato córneo mais espessos. Essa conduta aumenta a taxa da descamação, até diversos dias após a queimadura.

O bronzeado não é uma proteção absoluta contra os danos que os raios UV causam à pele. Sendo uma reação retardada, uma grande quantidade de dano pode ocorrer antes de um bronzeamento protetor se desenvolver. A melanina também não absorve todos os raios UV. Pessoas que têm baixa densidade de melanina, isto é, as de pele mais clara, têm muito pouca proteção natural.

Ao longo dos anos, uma exposição ao UV pode danificar a pele. Pesquisas recentes indicam que mudanças na função do sistema imunológico da pele podem acontecer depois de uma única queimadura. O câncer de pele tem sido associado à exposição ao UV-B. Além disso, o excesso de radiação UV causa envelhecimento precoce – a pele torna-se coriácea e enrugada. Esse dano, que pode começar enquanto você está ainda com seus 20 anos, é cumulativo e irreversível. Felizmente, muitos destes efeitos podem ser evitados. Uma forma de prevenção é ficar fora do sol ou se cobrir. Para a maioria das pessoas, entretanto, um método mais prático é usar protetores solares industrializados.

### **Sombra engarrafada**

Agentes protetores solares (ou filtros solares) ajudam a bloquear a radiação

UV antes que ela cause danos. Para serem eficazes, os protetores devem ser à prova de água, mas mesmo assim eles acabam sendo removidos.

Além disso, deve ser observado que a água doce dissolve os protetores com mais eficácia que a água salgada.

Alguns produtos são opacos e refletem a radiação UV, como as pastas brancas que os salva-vidas costumam usar no rosto. Elas contêm pigmentos brancos refletivos como o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e o óxido de zinco (ZnO).

Os agentes de proteção solar mais conhecidos são componentes orgânicos sintéticos que bloqueiam seletivamente a radiação UV mais prejudicial. Suas estruturas químicas usualmente incluem um anel benzênico substituído.

O benzeno puro absorve a radiação UV-C, mas, adicionando-se outros átomos ao anel benzênico, a absorção se estende à região UV-B. Esses compostos benzênicos 'substituídos' foram sintetizados para absorver o UV-B prejudicial e deixar o UV-A passar. Isso permite um bronzamento sem queimaduras, apesar de algum dano ainda ocorrer.

Um dos agentes de proteção solar mais antigos e ainda amplamente usado é o ácido p-aminobenzoico, comumente conhecido como PABA. São também usados derivados do PABA, benzofenonas e outros compostos (vide Figura 2). Esses agentes podem ser usados individualmente ou misturados.

A preparação do protetor solar ideal deve ser esteticamente favorável, de modo que as pessoas que ficam muito tempo ao sol sintam-se bem usando a proteção proporcionada por esses produtos químicos industrializados.

### **FPS: fator de proteção solar**

Após 20 minutos de exposição ao sol do meio-dia, um tipo normal de pele branca não bronzeada será afetado pela queimadura do sol, dando origem a uma vermelhidão. Essa vermelhidão só se tornará visível 24 horas depois. A exposição necessária para produzir esse efeito é chamada de dose eritemal mínima, que depende da intensidade da radiação e do tempo de exposição. Ao se comparar o tempo necessário para produzir esse efeito eritemal mínimo sobre a pele desprotegida com o tempo necessário para produzi-la sobre a pele protegida com

uma quantidade padrão de protetor solar, é possível definir o fator de proteção (FP) para um dado protetor.

Assim, o fator de proteção solar FPS é definido como:

$$FPS = \frac{T_{pp}}{T_{pd}}$$

Em que  $T_{pp}$  é o tempo de exposição mínimo para produção de eritema em pele protegida, e  $T_{pd}$  o tempo de exposição mínima para produção de eritema em pele desprotegida.

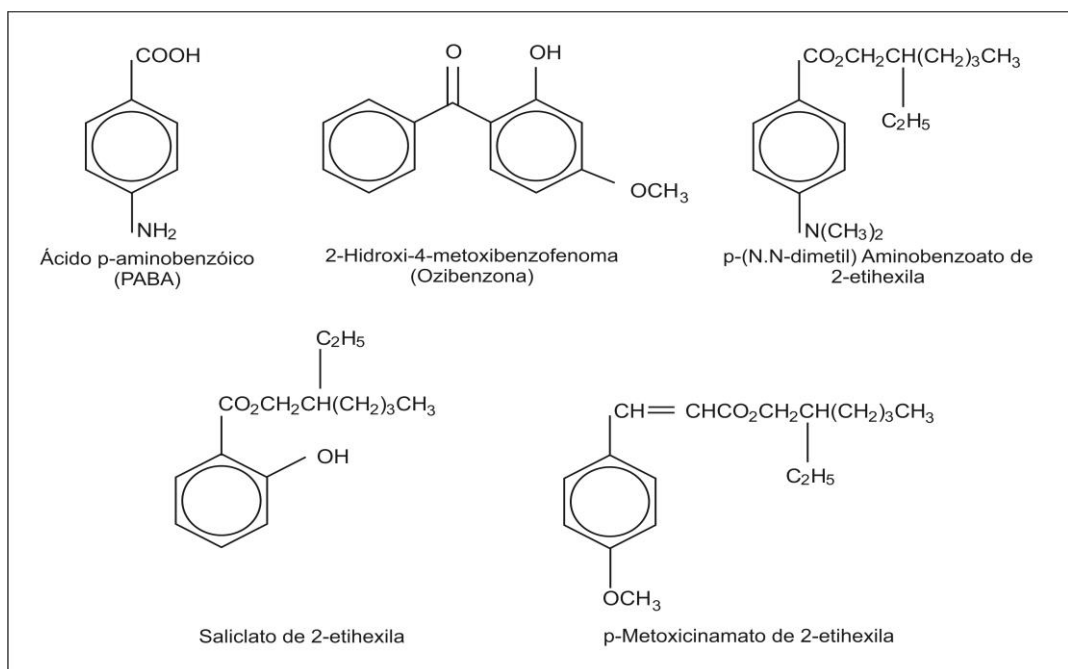


Figura 2: Substâncias comumente usadas em protetores solares.

Um protetor com fator de proteção 10 significa que ele permite que se fique ao sol dez vezes mais tempo do que sem sua utilização, com o mesmo resultado. O fator de proteção deve ser proporcional à quantidade de luz UV transmitida através da camada de protetor sobre a pele. Assim, se o protetor tem uma transmitância de 50%, isto é, deixa passar 50% da luz incidente, ele deve proporcionar um FPS2. Em contrapartida, um FPS 10 deve corresponder à transmitância de 10%.

Os valores de FPS são obtidos em laboratórios, mas por razões de ordem técnica (dificuldade de se fabricar uma pele artificial que simule uma pele natural) optou-se pela adoção do teste real, sendo as loções aplicadas na pele das pessoas (*in vivo*) para determinar o fator de proteção. As fontes preferidas de radiação solar

são artificiais (lâmpadas de vapor de mercúrio ou de gás xenônio). O tipo de pele da cobaia é exposta à radiação de uma lâmpada UV que simula o sol, mas que age mais rapidamente que ele. Uma região do corpo (geralmente as costas) é exposta a uma série de feixes de luz UV. Cada feixe de luz incide por um determinado tempo. Vinte e quatro horas depois, a pele é examinada para verificar o eritema, a vermelhidão da queimadura.

O tempo mínimo de exposição que produz eritema é observado (25 segundos, por exemplo). Outra seção das costas é tratada com uma quantidade precisa de protetor solar, e exposta a uma nova série de feixes por diferentes períodos de tempo. Vinte e quatro horas depois, os locais onde a luz incidiu são examinados e, novamente, o tempo mínimo que produz o eritema é anotado (200 segundos, por exemplo). O FPS é a razão destes tempos.

$$FPS = \frac{T_{pp}}{T_{pd}} = \frac{200s}{25s} = 8$$

Para fins práticos, isto significa que a pele leva oito vezes mais tempo para se queimar com o protetor solar do que sem ele. Se você normalmente se queima depois de uma hora de sol, você poderia, de acordo com este exemplo, ficar oito horas no sol usando esse protetor solar.

Infelizmente, em nosso país, o alto custo das loções contendo filtros solares tem dificultado o acesso dessa tecnologia à grande massa da população que se expõe diariamente ao sol, seja por lazer ou por necessidade de trabalho. Aos químicos compete o desafio de desenvolver novos produtos mais baratos e de qualidade equivalente

### Planeje seu bronzeado

Cor da pele	Sensibilidade ao sol	Fator de proteção recomendado
muito clara	sempre se queima com facilidade	máximo (PFS 8-14) ou Ultra (FPS > 15)
clara	sempre se queima com facilidade	extra (PFS 6-7)
clara/média	queima-se moderadamente	moderado (PFS 4-5)
média	queima – se muito pouco	mínimo (PFS 2-3)
castanho - escura ou negra	raramente ou nunca se queima	mínimo (PFS 2-3) ou nenhum



### Curiosidades do bronzeado

Recentemente, pesquisadores da Austrália, o país com maiores índices de câncer de pele do planeta, anunciaram a descoberta de novos materiais que quando incorporados ao tecido de roupas leves transformam-nas em poderosos escudos contra os raios ultravioleta, aumentando de cinco a nove vezes a proteção da roupa e permitindo que ela seja usada por períodos mais longos ao sol. Uma camisa de algodão comum tem um fator de proteção solar da ordem de 10. Após a incorporação dessas substâncias, é possível aumentar o fator de proteção dessa roupa para 50, mantendo seu peso e conforto.

Muitas vezes, quando estamos ao sol, numa praia, por exemplo, costumamos achar que ficar debaixo de um guarda-sol, dentro da água ou usar camiseta são proteções adequadas. Entretanto, não se pode esperar muito dessas estratégias. Sabe-se que a areia da praia reflete 50% dos raios UV que nela incidem, o que faz com que estes nos atinjam mesmo quando estamos à sombra. A neve reflete 83% da luz incidente, e é capaz de promover um bronzeado equivalente ao de estar na praia. A água conduz os raios UV até uma profundidade de 91,5 cm e reflete 5% da luz. Uma camiseta molhada permite que 20 a 30% dos raios UV atinjam a pele.

Uma outra curiosidade é que o vidro não transmite muita luz com comprimento de onda abaixo de 350 nm. Se recebermos luz por detrás de uma janela, a principal consequência será a vermelhidão da pele por causa do calor (luz infravermelha). O mesmo não ocorre com o acrílico, que transmite luz de comprimentos de onda menores.



QUÍMICA NOVA NA ESCOLA **Ataque à Pele** N° 1, MAIO 1995

### O câncer de pele

Existem três tipos de câncer de pele: o carcinoma da célula basal, o carcinoma da célula escamosa e o melanoma, que é o menos comum, porém o mais perigoso. Se a luz do sol é a causa, ainda não se sabe. A morte provocada por melanoma começou a aumentar a partir de 1920, e suas vítimas mais frequentes são profissionais ou administradores e não trabalhadores que passam seus dias ao sol. Trabalhos recentes sobre epidermologia demonstraram que eventuais superexposições ao sol e queimaduras podem ser mais significativas do que a exposição contínua e o bronzeamento.

Devido ao fato de efeitos da luz solar sobre a pele serem cumulativos e normalmente exigirem anos de exposição até que o câncer se manifeste, os resultados só aparecem muito tempo mais tarde.

Alguns cientistas acreditam que a destruição da camada de ozônio, que bloqueia a maior parte da radiação ultravioleta do sol, está contribuindo para o aumento do câncer de pele.

Por enquanto, não existem muitas evidências para sustentar essa noção. Todavia, os pesquisadores concordam que, com o passar do tempo, a diminuição da camada de ozônio trará problemas.

A camada mais externa e dinâmica da pele, a epiderme, serve de primeiro estágio para a manifestação da maioria dos tipos de câncer de pele. Tanto o carcinoma da célula basal quanto o da escamosa se desenvolvem a partir das células mais comuns da pele, os queratinócitos, que se formam na base da epiderme e rumam para a superfície da pele. Próximos à base, os queratinócitos são 'rechonchudos', mas quando se direcionam para fora tornam-se achatados no processo de transformação em células escamosas que formam a resistência da pele, a superfície protetora. Os melanomas saem dos melanócitos, as células produtoras de pigmentos.

As células epidérmicas tornam-se malignas quando o DNA de seus núcleos é alterado, levando estas a se dividirem descontroladamente e a formarem tumores. A transformação do DNA pode ser causada por repetidas exposições a raios X, a queimaduras solares, doenças infecciosas ou contato frequente com certas substâncias. Dentre esses agentes causadores de câncer, o mais comum tem sido a luz ultravioleta produzida pelo sol.

Em geral, as pessoas mais vulneráveis ao câncer de pele são as de pele clara. Negros raramente têm carcinomas ou melanomas. A razão de negros com melanoma em relação a brancos com esse mal é de 1/15.

A pigmentação escura é obviamente protetora. Os casos raros de melanoma encontrados entre os negros acontecem quase exclusivamente em regiões mais claras da pele que geralmente não estão expostas ao sol: palmas das mãos, solas dos pés, a parte de baixo das unhas e até a boca. Este fato tem levado os especialistas à conclusão de que a ocorrência de câncer em negros provavelmente tenha origem genética.

A geografia também tem um papel importante no câncer de pele. Regiões equatoriais, onde o sol do meio-dia bate diretamente sobre a cabeça, recebem a

radiação ultravioleta mais intensa. Ao norte ou ao sul, os raios solares incidem na terra num ângulo mais oblíquo, fazendo um caminho maior pela atmosfera, de forma que a camada de ozônio absorve mais a luz ultravioleta antes de atingirem a superfície.

Este artigo é uma versão adaptada e ampliada do texto “The Sunworshippers”, de autoria de D.K.Robbins, *ChemMatters* (vol. 2, nº 2), pp. 4-7, 1984, com permissão da American Chemical Society. Copyright 1984. Os autores agradecem a Ana Cláudia Monteiro Silva pelo auxílio na supervisão da adaptação do texto.

### Para saber mais

MAES, D. MARENUS, K. e SMITH, W.P. Novos avanços na fotoproteção. *Cosmetics & Toiletries* (Edição em Português) vol. 4, set/out, pp. 40-45, 1992. TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R.C. e SILVA, R. R. *O azul do planeta: um retrato da atmosfera terrestre*. São Paulo, Editora Moderna. Coleção Polêmica. No prelo.

### Problemas propostos 1 e 3 extraídos

<http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/provas-e-gabaritos>  
acesso em 12 Jan. 2017

1- (ENEM 2002) Os níveis de irradiância ultravioleta efetiva (IUV) indicam o risco de exposição ao Sol para pessoas de pele do tipo II- pele de pigmentação clara. O tempo de exposição segura (TES) corresponde ao tempo de exposição aos raios solares em que ocorram queimaduras na pele. A tabela mostra a correlação entre risco de exposição, IUV e TES.

Risco de exposição	IUV	TES (em minutos)
Baixo	0 a 2	Máximo 60
Médio	3 a 5	30 a 60
Alto	6 a 8	20 a 30
Extremo	Acima de 8	Máximo 20

Uma das maneiras de se proteger contra queimaduras provocadas pela radiação ultravioleta é o uso dos cremes protetores solares, cujo FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR (FPS) é calculado da seguinte maneira:

$$FPS = \frac{TPP}{TPD}$$

TPP= tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele protegida (em minutos).

TPD= tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele desprotegida (em minutos).

O FPS mínimo que uma pessoa de pele tipo II necessita para evitar queimaduras ao se expor ao Sol, considerando TPP o intervalo das 12:00 às 14:00h, num dia em que a irradiância é maior que 8, de acordo com os dados fornecidos é:

A (5)            B (6)            C (8)            D (10)            E (20)

2- (ENEM 2007) A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso do protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

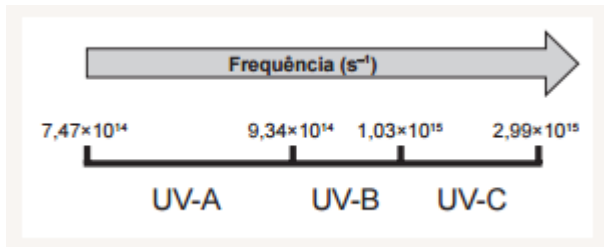
<b>sensibilidade</b>	<b>tipo de pele e outras características</b>	<b>proteção recomendada</b>	<b>FPS recomendado</b>	<b>proteção a queimaduras</b>
extremamente sensível	branca, olhos e cabelos claros	muito alta	FPS ≥ 20	muito alta
muito sensível	branca, olhos e cabelos próximo do claros	alta	12 ≤ FPS < 20	alta
sensível	morena ou amarela	Moderada	6 ≤ FPS < 12	moderada
Pouco sensível	negra	baixa	2 ≤ FPS < 6	baixa

ProTeste, ano V, n.º 55, fev/2007 (com adaptações).

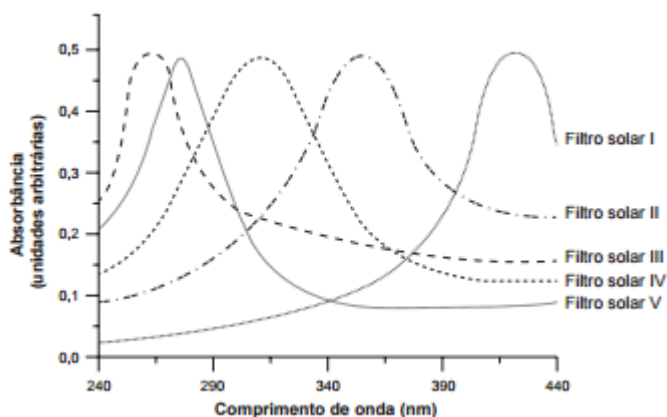
As informações anteriores permitem afirmar que

- A) as pessoas de pele muito sensível, ao usarem filtro solar, estarão isentas do risco de queimaduras.
- B) o uso de filtro solar é recomendado para todos os tipos de pele exposta à radiação solar.
- C) as pessoas de pele sensível devem expor-se 6 minutos ao sol antes de aplicarem o filtro solar.
- D) pessoas de pele amarela, usando ou não filtro solar, devem expor-se ao sol por menos tempo que pessoas de pele morena.
- E) o período recomendado para que pessoas de pele negra se exponham ao sol é de 2 a 6 horas diárias.

3-(ENEN 2015) A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura.



Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere:

Velocidade da luz =  $3,0 \times 10^8$  m/s e  $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$  m.

O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o

- A) V.
- B) IV.
- C) III.
- D) II.
- E) I.

## APÊNDICE A5: EFEITO FOTOELÉTRICO

**Nesta aula faremos uma abordagem do efeito fotoelétrico, identificando por meio de um simulador as radiações ionizante e não ionizante, dando ênfase no intervalo de comprimento de onda das radiações ultravioleta.**

Uma das formas de apresentar o efeito fotoelétrico de maneira significativa e interativa é por meio de simulações computacionais. Estas simulações agregam o conhecimento teórico já estabelecido pelo aluno ao entendimento significativo do fenômeno descrito.

Nesta atividade, elaboradas por nós, será utilizado o simulador para o efeito fotoelétrico, que pode ser acessado pelo link <https://phet.colorado.edu/pt-BR/simulation/legacy/photoelectric>, o qual irá subsidiar as atividades previstas nesta sequência didática.

Este simulador é constituído por um circuito elétrico, vinculado a um tubo de vácuo, com placas metálicas situadas em suas extremidades; uma bateria onde se pode variar a diferença de potencial e um identificador de corrente elétrica.

Na parte superior central, encontra-se o medidor de intensidade de luz incidente e do comprimento de onda vinculado ao intervalo do espectro eletromagnético abrangendo desde à luz ultravioleta até a infravermelha.

Na parte superior, à direita da tela de simulação, encontram-se os alvos (materiais) que poderão ser utilizados na simulação. Estes materiais (sódio, zinco, cobre, platina, cálcio e magnésio) poderão ser articulados de forma a possibilitar informações acerca de qual frequência os elétrons são ejetados em cada placa constituída por estes materiais, e do comprimento de onda da luz emitida em função do espectro eletromagnético.

No quadro abaixo das identificações dos materiais, encontram-se os gráficos de corrente x tensão da bateria, corrente x intensidade da luz e de energia do elétron x frequência da luz que fornecerão informações importantes acerca dos procedimentos efetuados no decorrer da simulação.

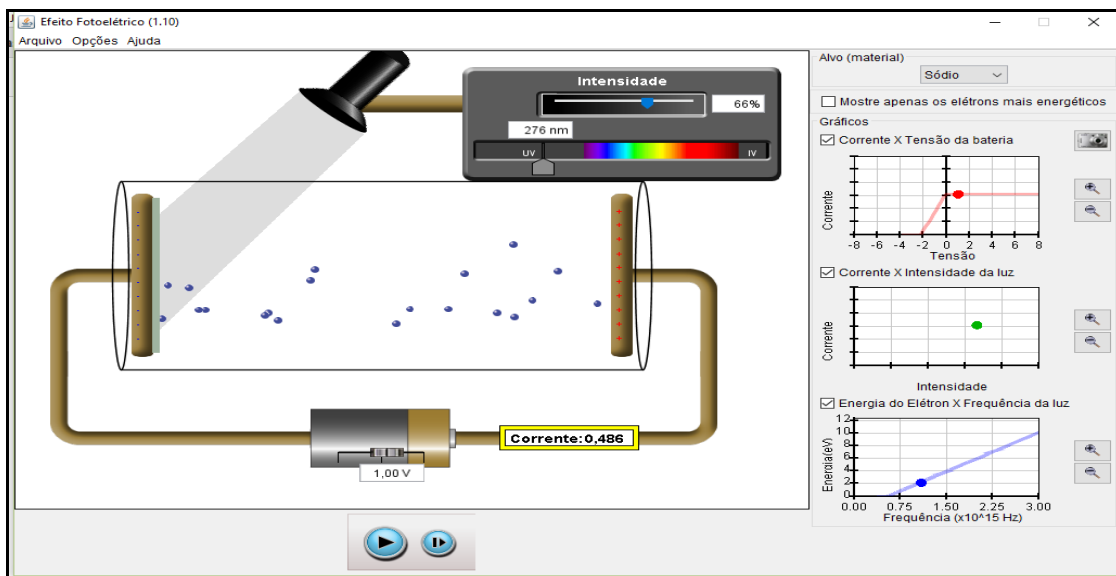


Figura 5: Ilustração da luz incidindo sobre uma placa constituída de sódio, com os elétrons sendo ejetados na simulação do efeito fotoelétrico; representação gráfica e indicação dos valores de corrente elétrica e da tensão aplicada entre as placas.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/ptBR/simulation/legacy/photoelectric>.

### Atividades propostas

- 1) Ao abrir a simulação do PHET, temos como referência uma placa de sódio com um comprimento de onda de 400 nm e a intensidade da luz incidente marcando zero. Quando aumentamos o valor da intensidade da luz incidente de zero para 50 % o que acontece na simulação? Qual é o valor da corrente indicado?
- 2) Aumente a intensidade da luz para 80% do valor máximo. O que acontece com a corrente elétrica medida?
- 3) Preencha a tabela abaixo:



Tabela 18- intensidade e corrente elétrica

Intensidade (% do valor máximo de luz incidente sobre a placa emissora)	I(A) Corrente elétrica
20	
40	
60	
80	
100	

- 4) Faça o gráfico de Corrente X intensidade da luz. Você observa algum comportamento característico?
- 5) No efeito fotoelétrico elétrons são ejetados da placa emissora feita de metal quando fazemos incidir luz sobre a placa. Fixe a intensidade em 50%. Mova o cursor do comprimento de onda e observe para qual valor a corrente cai a zero. Mova o cursor até encontrar o primeiro valor de comprimento de onda que o elétron será ejetado. Anote esse valor. Sabendo que a energia do fóton incidente é dada por  $E_f = hf = h \frac{c}{\lambda}$ , calcule o valor da energia mínima do fóton que consegue provocar o efeito fotoelétrico na placa de sódio.
- 6) Observe se existe alguma diferença da velocidade do elétron emitido para  $\lambda=538\text{nm}$  e  $\lambda=160\text{nm}$ . O que você pode dizer da energia cinética dos elétrons emitidos em função da frequência do fóton incidente?

- 7) O potencial de corte é definido como aquele para o qual a corrente cai a zero. Para cada comprimento de onda dado abaixo, verifique no simulador qual é o potencial de corte associado.

Tabela 19: potencial de corte

$\lambda(nm)$	$f = c/\lambda(Hz)$	$V_0(volts)$
100		
200		
300		
400		

Use o qtiplot para fazer o gráfico de  $V_0$  vs  $f$ .

- 8) Quando um fóton incide sobre uma placa metálica no efeito fotoelétrico, para que o elétron seja arrancado da placa, a energia do fóton deve ser maior do que a energia que mantém o elétron ligado ao material metálico. Essa energia de ligação recebe o nome de função trabalho,  $W_0$ . Os elétrons são arrancados com alguma energia cinética. Quanto maior a energia do fóton incidente, maior a energia cinética do elétron ejetado. Se ligarmos o emissor e o coletor a uma ddp que se oponha ao movimento dos elétrons, podemos ter uma ddp tal que não deixe nenhum elétron arrancado chegar ao emissor, ou seja, no potencial de corte a corrente cai a zero. A equação que governa esse efeito é dada por  $eV_0 = hf - W_0$ . Podemos reescrever essa equação como

$$V_0 = \frac{hf}{e} - \frac{W_0}{e} = \left(\frac{h}{e}\right)f - \frac{W_0}{e}. \text{ Compare essa equação com a equação da reta}$$

( $y = ax + b$ ) e diga quem são a e b.

- 9) Faça a regressão linear do gráfico de  $V_{\sigma}xf$ . Indique quem são a e b.
- 10) Sabendo que  $a = \frac{h}{e}$  e que  $b = \frac{W_0}{e}$ , obtenha a constante de Planck e a função trabalho do material. Compare esses valores com valores fornecidos na literatura.
- 11) Observe a barra de ferramentas dos comprimentos de onda do simulador. Essa barra representa o espectro eletromagnético. A luz visível está no centro da barra com cores que vão de azul até vermelho. Nos extremos temos radiações de grande energia (ultravioleta) e de baixa energia (infravermelho). Desloque o cursor e obtenha os valores de  $\lambda$  para cada parte do espectro indicada abaixo e calcule a energia do foton.

Tabela 20: Energia do fóton

Espectro Eletromagnético.	Comprimento de onda ( $\lambda$ )	$E_{\text{fóton}}$ (eV)
Ultravioleta	$\lambda_{\text{mínimo}}$	
Ultravioleta	$\lambda_{\text{máximo}}$	
	Cor azul	
	Cor verde	
	Cor amarelo	
	Cor vermelho	
Infra vermelho	$\lambda_{\text{mínimo}}$	
Infra vermelho	$\lambda_{\text{máximo}}$	

12) Quando a luz consegue arrancar elétrons de um material, essa luz é dita ionizante. A partir de qual comprimento de onda do espectro eletromagnético conseguimos arrancar elétrons da placa de sódio?

13) Indique o valor de  $\lambda_{\text{mínimo}}$  que consegue arrancar elétrons dos seguintes materiais?

Tabela 21: Comprimento de onda mínimo

Material	Comprimento de onda ( $\lambda_{\text{mínimo}}$ )
sódio	
zinco	
cobre	
platina	
cálcio	
magnésio	

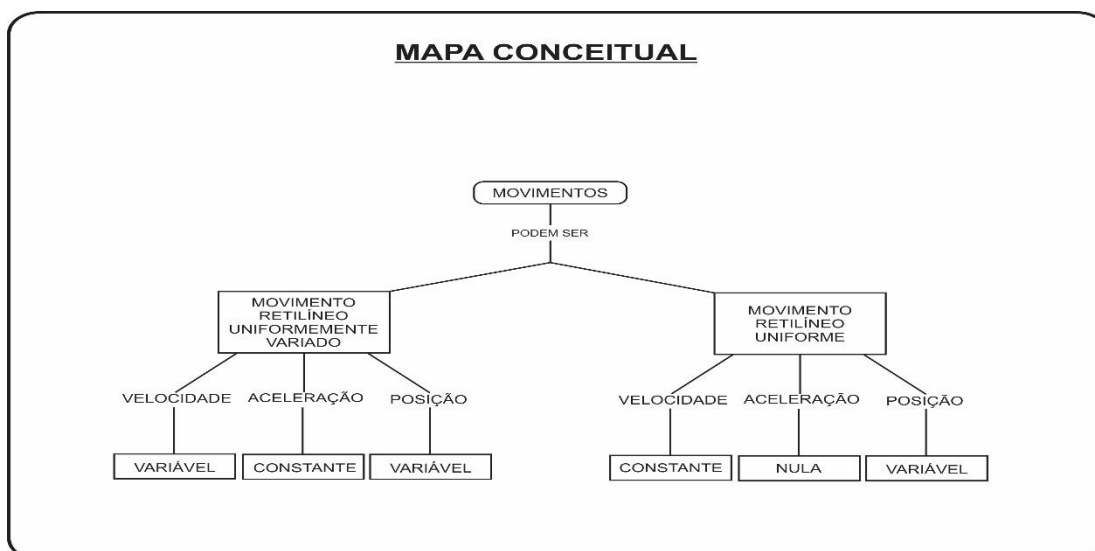
- 14) Nós sabemos que os raios ultravioleta, que estão presentes no nosso dia a dia vindos da radiação solar ( $400\text{nm} \leq \lambda \leq 100\text{nm}$ ) podem ser divididos em UVA ( $320\text{nm} - 400\text{nm}$ ), UVB ( $280\text{nm} - 320\text{nm}$ ) e UVC ( $100\text{nm} - 280\text{nm}$ ) de acordo com o seu comprimento de onda. De acordo com a tabela acima qual o tipo de radiação ultravioleta é ionizante para todos os materiais apresentados?

## APÊNDICE A6: MAPA CONCEITUAL

Nesta atividade propõe-se a produção de um mapa conceitual referente a radiação ultravioleta com base no princípio norteador (ondas eletromagnéticas). A partir deste princípio, os participantes devem elencar todos os conceitos referentes aos encontros estabelecidos nesta sequência didática determinando suas hierarquias e conexões

“Mapas Conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, no entanto, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da estrutura conceitual de uma disciplina. No modelo abaixo, a orientação é tal que os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem no topo do mapa. Prosseguindo de cima para baixo no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de inclusividade, até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos”. (Moreira e Masini 2011.p.51 e 52).

Figura 6: Exemplo de um mapa conceitual



Diante destas informações, construa um mapa conceitual para os conceitos relativos à Radiação Ultravioleta (Radiação UV).

Ondas Eletromagnéticas

## APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB  
 MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS – MPEC  
 MORRO DO CRUZEIRO – CAMPUS UNIVERSITÁRIO – OURO PRETO



Este questionário faz parte de um Trabalho de Mestrado. Como dito no termo de Consentimento, nenhum nome de participante será divulgado nem na dissertação, nem em nenhuma publicação futura.

Desde já, registro aqui meus sinceros agradecimentos.

Wellington Clayton Silva

Contato: wellingtonfisico@gmail.com

### ANEXO A - Questionário de identificação.

#### 1- Sobre sua formação acadêmica:

1.1) Qual o tipo de graduação você está cursando?

( ) Bacharelado                      ( ) Licenciatura                      ( ) Tecnólogo

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

1.2) Você é aluno do curso de:

( ) Biologia                      ( ) Física                      ( ) Química

( ) Outro. Qual? \_\_\_\_\_

1.3) Qual período você está cursando?





- Física Experimental II
- Física Experimental III
- Física Experimental IV
- Estrutura da Matéria
- Física Quântica I
- Física Quântica II
- Teoria da Relatividade
- Introdução à Física de Semicondutores
- Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias
- Outra disciplina relacionada à Física:

---

---

---

---

1.9) Quais disciplinas você considera fundamentais para o seu entendimento de Física Moderna?

- A Física no Mundo Moderno
- História da Física
- Física Teórica I
- Física Teórica II
- Física Teórica III
- Física Teórica IV
- Física Experimental I
- Física Experimental II
- Física Experimental III
- Física Experimental IV

- Estrutura da Matéria
- Física Quântica I
- Física Quântica II
- Teoria da Relatividade
- Introdução à Física de Semicondutores
- Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias
- Outra disciplina relacionada à Física: \_\_\_\_\_

1.10) Durante o seu percurso no ensino médio, foram lecionados pelos professores tópicos de Física Moderna?

- Sim  Não

**Importante:** Caso tenha respondido “não” no item 1.10, passe para o item 2.1

1.11) Considerando afirmativa a resposta do item 1.10, identifique os tópicos vistos:

- Efeito fotoelétrico  Átomo de Bohr
- Radioatividade  Forças fundamentais do universo
- Metais e isolantes  Semicondutores
- Relatividade restrita  Teoria do Big Bang
- Fibra óptica  Dualidade onda partícula
- Leis da conservação  Raios – X
- Partículas elementares  Estrutura molecular
- Buraco negro  Estrutura atômica

1.12) As abordagens dos temas de Física Moderna eram feitas, no Ensino Médio, de forma a apresentar os conceitos científicos relacionados com temas da atualidade?

- Sim  Não

1.13) Marque os principais métodos utilizados por seus professores durante o seu curso de Ensino Médio para o ensino de Física Moderna.

- ( ) aulas teóricas                      ( ) aulas práticas  
 ( ) vídeos                                ( ) seminários  
 ( ) sequências didáticas            ( ) Outros: \_\_\_\_\_

1.14) Marque os métodos que você considerou mais eficientes no seu aprendizado de Física Moderna no Ensino Médio.

- ( ) aulas teóricas                      ( ) aulas práticas  
 ( ) vídeos                                ( ) seminários  
 ( ) sequências didáticas            ( ) Outros: \_\_\_\_\_

<b>2 - Proposta de desenvolvimento curricular</b>
---

2.1) Você considera importante o ensino Física Moderna no Ensino Médio?

- ( ) Sim. Por quê?

---



---



---

- ( ) Não. Por quê?

---



---



---

2.2) Você acredita ser possível introduzir conteúdos de Física Moderna no ensino médio?

- ( ) Sim                                      ( ) Não

2.3) Quais tópicos de Física Moderna você considera que sejam essenciais na formação de seus futuros alunos?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> efeito fotoelétrico                 | <input type="checkbox"/> origem do universo       |
| <input type="checkbox"/> átomo de Bohr                       | <input type="checkbox"/> buracos negros           |
| <input type="checkbox"/> leis de conservação                 | <input type="checkbox"/> raios X                  |
| <input type="checkbox"/> radioatividade                      | <input type="checkbox"/> forças fundamentais      |
| <input type="checkbox"/> partículas elementares              | <input type="checkbox"/> dualidade onda-partícula |
| <input type="checkbox"/> relatividade restrita               | <input type="checkbox"/> fissão e fusão nuclear   |
| <input type="checkbox"/> big bang                            | <input type="checkbox"/> estrutura molecular      |
| <input type="checkbox"/> interação da radiação com a matéria | <input type="checkbox"/> estrutura atômica        |
| <input type="checkbox"/> equação de Schroedinger             | <input type="checkbox"/> nanotecnologia           |
| <input type="checkbox"/> metais, isolantes e semicondutores  | <input type="checkbox"/> fibras ópticas           |

2.5) Você acredita que uma compreensão mais profunda de Física Moderna pelos estudantes do Ensino médio é necessária para que eles compreendam melhor as tecnologias disponíveis em seu cotidiano? Justifique a sua resposta.

- Sim  Não

2.6) Como futuro professor, quais métodos de ensino você julgaria mais apropriados para melhorar a aprendizagem dos estudantes no Ensino Médio em relação ao ensino de Física Moderna? Por quê?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> aulas teóricas       | <input type="checkbox"/> aulas práticas |
| <input type="checkbox"/> vídeos               | <input type="checkbox"/> seminários     |
| <input type="checkbox"/> sequências didáticas | <input type="checkbox"/> Outros: _____  |

2.7) Em quais tecnologias listadas abaixo, você acha que é necessário o conhecimento de conceitos de Física Moderna para entender o seu desenvolvimento e construção? Justifique a sua resposta.

- celulares  ressonância

- computadores                       Aparelhos de raios X  
 Tomografia                               Televisores de LEDs  
 GPS     Células Fotovoltaicas  
 Filtro Solar

<b>3 - Conhecimentos relativos aos materiais didáticos</b>
--

3.1) Na graduação você tem ou teve a oportunidade de conhecer materiais de apoio pedagógico voltados especificamente para o Ensino Médio em relação aos conteúdos de Física Moderna?

- Sim. Quais?

---



---



---

- Não

3.2) Você acredita ser capaz de preparar materiais (apostilas, experimentos, artigos, sequências didáticas, filmes, simulações, etc) de apoio pedagógico de Física Moderna para serem aplicados no Ensino Médio?

- Sim     Não. Por quê?

---



---



---

3.3) Em sua opinião, quais tópicos de Física Moderna poderiam ser abordados no ensino médio de forma interdisciplinar com outras disciplinas (Biologia, Química, etc)?

- estrutura atômica                       raio Laser  
 Radiação                                       energia  
 estrutura do átomo                       mundo quântico



---

---

---

3.8) Ao observar o espectro eletromagnético, você é capaz de classificar as radiações em ionizantes e não ionizantes?

( ) Sim. ( ) Não. Por quê?

---

---

---

3.9) Para você, quais são os principais agentes que modificam a incidência da radiação ultravioleta na superfície terrestre?

( ) Hora do dia ( ) Estação do ano  
( ) Latitude geográfica ( ) Altitude  
( ) Nuvens ( ) Camada de ozônio  
( ) Reflexão na superfície

3.11) Você sabe o que é o índice ultravioleta (IUV)?

( ) Sim. E o que é? ( ) Não.

---

---

---

3.10) A pele é o principal tecido atingido pela Radiação Ultravioleta (RUV). Para você, quais são os efeitos biológicos que podem ocorrer na pele, devido à incidência da radiação ultravioleta?

( ) Eritema ( ) Bronzeamento  
( ) Fotocarcinogênese ( ) Câncer

3.11) Você sabe o que é um melanoma?

( ) Sim. O que é?

( ) Não.

---

---

---

3.12) O conceito de fator de proteção solar (SPF- sun protection factor) foi introduzido pelo cientista austríaco Franz Greiter e depois adotado pelas agências reguladoras e pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticos. O SPF é um indicador de proteção contra queimadura solar em curto prazo. Você consegue explicar ao seu aluno de Ensino médio o que significa, por exemplo, um FPS 30?

( ) Sim. Como você explicaria?

( ) Não.

---

---

---