



# Radiações solares do tipo ultravioleta e fotoproteção: uma sequência didática para abordagem em física no ensino médio

Ultraviolet solar radiation and photoprotection: a didactic sequence for a high school physics approach

A. C. Oliveira; C. P. Santos; D. N. Souza\*

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGPF/MNPEF), Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão, SE, Brasil*

*\*divanizia@gmail.com*

*(Recebido em 11 de dezembro de 2021; aceito em 02 de julho de 2022)*

Este trabalho tem como objetivo descrever um produto educacional para turmas de 3º ano do Ensino Médio. O produto é uma Sequência Didática (SD) com enfoque em ciência-tecnologia-sociedade (CTS), que tem por finalidade promover a aprendizagem de conceitos físicos relacionados com radiações eletromagnéticas, com ênfase em radiação ultravioleta e na importância da fotoproteção para a saúde do ser humano. Buscou-se abordar na SD temas relacionados às radiações solares do tipo ultravioleta, suas interferências na saúde das pessoas em decorrência da exposição, incluindo os riscos, benefícios e cuidados que devem ser tomados para proteção a esse tipo de radiação. As atividades da SD incluem a construção de um espectrofotômetro, a partir de componentes básicos e materiais de fácil aquisição. Com esse equipamento é possível quantificar níveis percentuais de absorção e transmitância em protetores solares em função do comprimento de onda da radiação incidida, no caso a UVA. Esta atividade e as demais da Sequência podem contribuir para motivar e nortear a aprendizagem de conceitos físicos pertinentes ao tema, abordados tradicionalmente em sala de aula, relacionando aos fenômenos físicos observados no cotidiano. A tríade que compõe a SD, formada por conceitualização científica, uso de tecnologia e implicações sociais, contempla uma abordagem CTS.

Palavras-chave: Ensino de Física, radiação ultravioleta, fotoprotetores.

This work aims to address an educational product to be applied in 3rd year high school classes. The product is a Teaching Sequence (TS) focused on science-technology-society (STS), which aims to promote the learning of physical concepts related to electromagnetic waves, including the emission spectrum of electromagnetic radiation, with emphasis on ultraviolet radiation and the importance of photoprotection for human health. In the TS we tried to address issues related to ultraviolet radiation, its interference in people's health, including the risks, benefits, and care that should be taken to protect against this type of radiation. The TS activities include the construction of a spectrophotometer, from basic components and easily acquired materials. With this equipment it is possible to quantify percentage levels of absorption and transmittance in sunscreens as a function of the wavelength of the incident radiation, in this case UVA. This activity and the others in the Sequence can contribute to motivate and guide the learning of Physics concepts relevant to the topic and traditionally seen in the classroom, relating them to physical phenomena observed in everyday life. The triad that makes up the TS, formed by scientific conceptualization, use of technology and social implications, contemplates an STS approach.

Keywords: Physics Teaching, ultraviolet radiation, photoprotectors.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [1], na Educação Básica, seja no Ensino Fundamental ou no Ensino Médio, a articulação das competências gerais relacionadas com a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve garantir aos estudantes a capacidade de tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar propostas e alternativas às questões que se apresentam no dia a dia, bem como para fazer uso criterioso das diversas tecnologias disponíveis na atualidade.

A busca por estratégias didáticas que promovam na Educação Básica a inclusão de práticas de ensino de física mais voltadas para o cotidiano dos alunos, que auxiliem na aprendizagem de conceitos de maior significado para a compreensão do cotidiano e da ciência como um todo, tem

sido uma constante para muitos professores [2]. Desse modo, é esperado que as escolas disponham de recursos que possibilitem aos alunos, juntamente com os professores, relacionar, as novas tecnologias aos novos hábitos da sociedade.

Os problemas ambientais podem promover discussões críticas sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade [3]. Como um dos resultados de tais discussões, tem-se que os currículos escolares vêm agregando mais e mais conteúdos com enfoque em ciência-tecnologia-sociedade (CTS) [3, 4].

Assim, torna-se necessário que os professores conduzam suas ações práticas buscando a formação de pessoas com senso de análise crítica e competência para interpretação e discussão sobre temas diversos. Na escola, trajetórias de formação que levem o aluno ao conhecimento devem ser desenvolvidas, para que eles compreendam a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico resultante de fatores relacionados aos aspectos culturais, políticos e econômicos da sociedade. Dentre tantos temas a se discutir, o tema que motivou este trabalho agrega a radiação ultravioleta e a importância do uso de protetores solares para evitar danos à pele e à saúde das pessoas em decorrência da exposição a esse tipo de radiação.

Telejornais, programas de rádio, redes sociais, páginas da web e outros meios de comunicação exibem frequentemente campanhas de conscientização em favor da prevenção contra o câncer de pele, incentivando o uso de filtros de proteção solar como barreira para a radiação ultravioleta (UV), como os protetores solares para pele, vestimentas especiais, óculos etc. São também divulgadas previsões sobre os índices de incidência de radiação UV nas diversas regiões do país, com alerta para os riscos extremos nos horários de maior incidência solar. Como os jovens estão sujeitos a toda essa gama de informações sobre os efeitos da radiação e a importância do uso de proteção solar, faz-se necessária uma maior relação entre essas informações e os conteúdos sobre as radiações solares abordados na Educação Básica.

No Ensino Médio, uma abordagem investigativa sobre os efeitos das radiações pode contribuir para desenvolver o senso questionador e crítico do aluno. Essa abordagem permite, desse modo, que o conhecimento adquirido não seja meramente técnico e fora do contexto social do aluno, mas que o auxilie a criar seus próprios questionamentos e respostas cientificamente fundamentadas [5]. Então, entende-se que podem ser propiciadas condições para, em contextos de escolares, ampliar as discussões envolvendo outras áreas das ciências, como biologia e química, que guardam relações com o tema radiações ultravioletas e suas interferências ao meio ambiente e ao ser humano.

A disciplina Física sistematiza propriedades da matéria, fornecendo recursos instrumentais e linguísticos que são naturalmente aceitos por outras disciplinas. Aplicando-se métodos culturalmente significativos e contextualizados, a física ultrapassa os domínios disciplinares restritos. A compreensão do funcionamento, por exemplo, de um motor a combustão interna ou elétrico, os princípios da moderna telecomunicação e o uso clínico das radiações para fins diagnósticos e terapêuticos, entre outros conhecimentos, permite ao aluno uma visão de mundo mais abrangente [6]. Historicamente, as teorias físicas têm uma estreita e complexa relação com os contextos histórico-sociais em que foram desenvolvidas. Nesse sentido, o ensino de física deve contribuir para a capacidade de discernimento dos alunos, a fim de que eles sejam capazes de avaliar a veracidade das informações ou opiniões e que tenham juízo de valor diante de situações sociais em que fenômenos físicos são protagonistas [6].

Uma das competências específicas a ser desenvolvida no estudo de ciências da natureza e suas tecnologias no Ensino Médio é a de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. Portanto, essa competência contribui na análise dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, viabilizando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para a tomada de decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos [1].

Dada a importância da promoção de competências para análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos, a proposta deste trabalho é apresentar uma sequência didática (SD), para ser vivenciada em turmas do Ensino Médio, fundamentada em princípios do movimento CTS,

tendo como finalidade didática a promoção de conhecimentos sobre conceitos físicos referentes a radiações eletromagnéticas. Por meio da SD proposta são abordados conceitos e fatos sobre radiações solares, com ênfase em radiação ultravioleta, levando em conta os efeitos à saúde do ser humano decorrentes da exposição a esse tipo de radiação. Mais especificamente, esse produto educacional tem por finalidade:

- Promover a compreensão sobre radiação ultravioleta, por meio de discussões envolvendo conceitos físicos relativos a comprimento de onda, frequência e energia desse tipo de radiação;
- Possibilitar aos alunos um maior entendimento sobre situações, presentes no seu dia a dia, decorrentes da exposição à radiação ultravioleta (RUV) e do uso de tecnologias relacionadas a esse tipo de radiação que resultem em riscos e benefícios à saúde;
- Desenvolver e utilizar um espectrofotômetro para observação e entendimento da interação entre RUV e protetores solares para pele.

Existem produtos educacionais na forma de SD que abordam sobre ondas eletromagnéticas em alguns contextos, a exemplo dos descritos por Gomes et al. (2017) [4], Rosa et al. (2019) [7] e Cunha e Dickman (2018) [8]. Nacionalmente, esses ainda são poucos diante da importância desse tema no Ensino Médio. Além disso, em busca realizada na literatura, não foram encontradas sequências didáticas especificamente propostas para a abordagem sobre radiação ultravioleta. Nesse contexto, práticas pedagógicas que envolvam o tema radiações precisam ser incentivadas, principalmente as relacionadas a situações do cotidiano e a aspectos científicos, tecnológicos e crítico-sociais.

### 1.1 Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)

Dada a relevância do pensamento científico, pode-se assinalar que, no ensino de física, a abordagem CTS deve ser considerada como uma base que remete o ensino de ciência a um aprendizado contextualizado. A abordagem CTS pode ser tomada como uma característica que contextualiza o ensino de física dentro de uma realidade verdadeira do meio social, em que os alunos relacionam suas vivências do dia a dia com a tecnologia e a ciência que o cercam [9].

Em definição, a proposta curricular CTS está baseada na integração entre a educação científica, a educação tecnológica e a social. Desse modo, é demandado que os conteúdos científicos e tecnológicos sejam amparados por aspectos históricos, políticos, éticos e socioeconômicos [10].

A motivação para abordar didaticamente um tema da física embasado na abordagem CTS surge da necessidade constante de que, na escola, as informações apresentadas aos alunos resultem em conhecimentos internalizados e com significado, colaborando, portanto, para uma formação mais pautada no senso crítico social. No entanto, o ensino de física ainda mantém características de uma educação pautada no formalismo, longe da realidade e, conseqüentemente, descontextualizada [11].

Diante desse contexto, entende-se que o espectro eletromagnético serve como base para o ensino de conceitos da física, em particular os associados à radiação ultravioleta. Diante de toda a importância e ocorrência dessa radiação no cotidiano, a representação do espectro eletromagnético contribui em propostas didáticas com abordagem CTS.

### 1.2 Radiação solar e ondas eletromagnéticas

O Sol é uma estrela gasosa luminosa e principal fonte das radiações eletromagnéticas que incidem sobre a Terra; sendo essas, essencialmente, as radiações infravermelha, visível e ultravioleta. Grande parte da radiação solar que incide sobre a Terra é refletida para o espaço; outra parte é absorvida ou espalhada, sendo que parte desse espalhamento chega à superfície terrestre com intensidade bem menor, e uma fração menor incide diretamente sobre a Terra [12].

De toda a radiação solar que atinge a Terra, apenas uma quarta parte alcança a superfície sem nenhuma interferência. A essa incidência é dado o nome de insolação direta, sendo que algo em torno de 10% dessa radiação está na faixa da RUV.

A radiação solar tem uma direta e essencial relação com as atividades cotidianas dos seres humanos, determinando calendários, estações do ano e o aquecimento sazonal da Terra [13]. Essa

incidência interfere na saúde do homem, podendo provocar efeitos maléficos, como queimaduras e catarata, e benéficos, contribuindo para cicatrização e a síntese da vitamina D [13]. O Sol emite energia praticamente em todos os comprimentos de onda conhecidos com diferentes intensidades. A esse conjunto de comprimentos de onda é dado o nome de espectro eletromagnético.

O conceito de energia, relevante aqui, está embasado na teoria quântica. A passagem de um elétron de uma camada mais interna para uma mais externa representa a transição do elétron entre dois estados diferentes de energia, o que resulta no recebimento de energia quantizada por essa partícula. O elétron, ao retornar para o estado inicial, emite quantidade de energia correspondente a essa diferença. Essa energia emitida ou recebida em pacotes (fótons) é transportada sob a forma de onda eletromagnética quantizada. Portanto, um fóton pode ser compreendido como a menor unidade inteira de energia acumulada de uma onda eletromagnética. Essa mudança de energia é diretamente proporcional à frequência do fóton emitido ou absorvido. Essa energia é calculada pela famosa relação de Planck, também conhecida como relação de Planck-Einstein (Equação 1):

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Sendo  $E$  a energia do fóton,  $h$  a constante de Planck e  $f$  a frequência da onda eletromagnética:

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

ou

$$h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \quad (1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J})$$

O SI (Sistema Internacional de Medidas) não contempla a unidade elétron-volt, mas a utilização dessa unidade colabora na compreensão do valor de energia calculado com o uso da Equação 1, pois a representação da energia do fóton em joule é numericamente muito pequena.

A radiação visível é a única faixa de luz que os seres humanos podem enxergar. A primeira radiação diferente da visível a ser descoberta foi a infravermelha, em 1880; em seguida, foram identificadas a radiação ultravioleta em 1801 e as ondas de rádio em 1888. Na sequência, a radiação X, no ano de 1895, a radiação gama, em 1900, e, mais recentemente, as micro-ondas, em 1932, foram descobertas [13]. Inicialmente, a RUV foi chamada de raios desoxidantes, ou raios químicos, como forma de diferenciar dos raios infravermelhos. Somente depois o médico dinamarquês Niels Finsen (1860-1904) empregou o termo radiação ultravioleta ao utilizá-la em fototerapia [7]. Dentro do contexto da Radiobiologia, os raios gama e X são considerados ionizantes, enquanto a RUV, compreendida na faixa espectral de 100 a 400 nm, é definida como não-ionizante [13].

A RUV tem diversas aplicações, principalmente em descontaminação, sendo utilizada na eliminação de bactérias, fungos e vírus em ambientes como salas cirúrgicas e em ambientes para armazenamento de produtos esterilizados. Essa radiação também é muito utilizada para produzir efeitos visuais, sendo emitida por lâmpadas na forma conhecida como luz negra, e empregada em efeitos visuais em boates e shows para causar a sensação de mudança de cores em roupas e objetos. Para efeito, normalmente, são empregadas lâmpadas fluorescentes sem a composição do fósforo, que é um material usado para impedir que a RUV produzida por esse tipo de lâmpada seja transmitida e convertida em luz branca. Outras aplicações da RUV produzida por lâmpadas é a identificação de notas de dinheiro falsas e de escorpiões em ambientes escuros [14].

Existem fatores geográficos, meteorológicos e astronômicos, além de condições atmosféricas, que influenciam na variabilidade da intensidade da RUV sobre a Terra. O ângulo solar zenital indica a posição relativa do Sol em relação ao plano elíptico terrestre; a variação cíclica anual do ângulo solar zenital resulta em alteração da quantidade de RUV que incide sobre a Terra em função da latitude e da estação do ano. O fluxo da RUV (irradiância) em certa localidade é inversamente proporcional à distância da localidade à Linha do Equador [15]. Para localidades de altitudes semelhantes, quanto menor o ângulo solar zenital, maior a intensidade da RUV.

Superfícies com areia e neve podem refletir a RUV entre 25% e 30%, sendo que essa reflexão também causa efeitos às pessoas, como ocorre quando se está na praia durante o dia, devida a uma maior exposição e reflexão pela areia, ocorre maior bronzeamento e vermelhidão da pele

[13, 16]. Em outras superfícies, como áreas urbanas e de vegetação, ou mesmo em áreas parcialmente cobertas, também ocorre a reflexão da RUV, porém em taxas bem menores, que variam entre 3% e 5% [13, 16].

### *1.2.1 Efeitos das radiações ultravioleta sobre a pele*

O corpo humano absorve radiação eletromagnética de todo o espectro diferentemente, e as células do corpo reagem a essa absorção de forma variada. Ao incidir em humanos, parte da intensidade da radiação eletromagnética (quantidade de energia de uma onda propagada por unidade de área e tempo, dada em  $\text{w/m}^2$ ) pode ser refletida na interface ar-pele e parte é transmitida pelo corpo [17].

Os efeitos das RUV sobre a pele estão atrelados a fatores como comprimentos de onda dessas radiações, características intrínsecas à pele, tempo de exposição ao sol, horário da exposição, clima da região, estação do ano, latitude e altitude [18]. A radiação ultravioleta atinge e interage com o DNA, portador das informações genéticas da célula, chegando ao material genético e comprometendo a capacidade de imunidade da pele [19].

A atividade da radiação UVA sobre a pele humana é cerca de 800 a 1000 vezes menor que a UVB; porém, a radiação UVA predomina, compondo cerca de 95% da RUV incidente sobre a Terra, tal que a UVB participa com apenas 5%. No entanto, a radiação UVB é mais energética e sua intensidade durante todo o dia é praticamente constante. Esse balanço deixa as duas radiações (UVA e UVB) em equilíbrio quanto ao nível de atividade sobre a saúde do homem [18].

É incorreto afirmar que quanto maior o nível energético de uma onda eletromagnética maior será seu poder de penetração; isso é um conceito intuitivo não válido, pois o poder de penetração vai depender da interação da onda com as características do meio [17]. Com maior comprimento de onda e menor nível energético, a UVA é capaz de penetrar nas camadas mais profundas da pele, causando bronzeamento da pele e, de modo negativo, produzindo eritemas e comprometimento dos vasos da derme e das células colágenas, causando envelhecimento precoce da pele [18, 20].

Ao longo do dia, os raios UVB têm maior incidência entre 10 horas e 16 horas. Com menor comprimento de onda e sendo mais energética, a radiação UVB tem menor capacidade de penetração na pele do que a UVA, atingindo a epiderme e sendo absorvida. As ações das RUV sobre a pele podem ser positivas ou negativas. Uma reação positiva é o estímulo para síntese da vitamina D. Entre as reações negativas estão a formação de eritemas e edemas na pele devido à exposição excessiva ao sol e à resposta imunológica [21]. A exposição a essa radiação também contribui na absorção de cálcio e fósforo pelo organismo, o que é essencial na formação do sistema ósseo [22].

A radiação UVC, com menor comprimento de onda e maior energia que as radiações UVA e UVB, representa maiores riscos para a saúde, uma vez que efeitos carcinogênicos e mutagênicos estão associados à exposição a essa radiação. A UVC normalmente é bloqueada pela camada de ozônio, barreira natural que circunda o Planeta Terra, que deixa passar apenas uma pequena parcela dessa radiação, de tal modo que ela não gera riscos para os seres humanos. Através de fontes de luz artificiais, a radiação UVC é aplicada na esterilização de materiais cirúrgicos e em processos de tratamento de água, graças à sua propriedade bactericida [23]. Embora seja uma radiação não ionizante, por não possuir energia suficiente para arrancar elétrons das camadas eletrônicas dos átomos, dispõe de energia suficiente para quebrar moléculas e ligações químicas. Essa ação ao longo do tempo pode gerar efeitos semelhantes aos da radiação ionizante quando ocorre interação com o DNA (ácido desoxirribonucleico), provocando a quebra de cadeias moleculares [24].

Segundo o Instituto Nacional do Câncer, INCA (2018) [25], no Brasil, o câncer de pele é o tipo mais comum dos cânceres entre as pessoas. A exposição solar excessiva é considerada como um dos fatores responsáveis pelo surgimento do câncer de pele, podendo ser agravada em função do tipo de pele de cada indivíduo e pela hereditariedade familiar, entre outros fatores; ter pele clara, sardas e olhos claros, por exemplo, pode ser considerado fator agravante [26, 27]. Um fator importante para o combate a esse tipo de câncer de pele é o conhecimento adquirido pelos

profissionais da área da saúde e da educação sobre as causas que podem afetar uma mudança de cultura da população quanto aos efeitos causados pela exposição excessiva à RUV [26]. A disseminação desse conhecimento é fundamental para proteção de todos contra os efeitos nocivos da exposição à RUV.

### *1.2.2 Interação da radiação ultravioleta sobre o protetor solar*

Um material é considerado transparente quando transmite e não absorve a luz visível, a exemplo de alguns vidros, que é também muito transparente às ondas de rádio, mas parcialmente opaco às RUV. Uma lâmina de vidro comum transparente e incolor de um centímetro de espessura transmite apenas 50% da RUV com intensidade máxima de 316 nm [17].

A partir dos conhecimentos das ações e dos efeitos negativos da exposição à RUV sobre a pele humana, decorrentes da exposição excessiva, surgiu a necessidade da criação dos fotoprotetores para a pele, com o objetivo de barrar os efeitos dessas radiações. Vale informar que os primeiros fotoprotetores desenvolvidos eram eficientes apenas contra a radiação UVB, deixando passar a radiação UVA [21].

Os fotoprotetores são classificados segundo sua forma de bloqueio contra a RUV [23]. Diferentes componentes presentes nas composições dos fotoprotetores absorvem e refletem parte da RUV incidente. A absorção ocorre como barreira química ou orgânica; o fotoprotetor absorve parte da RUV e a transforma em radiação infravermelha, a qual é bem menos agressiva à saúde se comparada com a RUV, enquanto outra parte é refletida. Os compostos que agem como uma barreira física ou inorgânica refletem a RUV [24]. Os fotoprotetores inorgânicos têm sua faixa de absorção e reflexão da RUV caracterizadas pelo tamanho das partículas e pela forma como ocorre sua dispersão no composto do fotoprotetor [18].

As substâncias inorgânicas empregadas como fotoprotetores são o óxido de zinco (ZnO) e o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). Esses óxidos apresentam boa atuação contra os raios UV, além de possuírem baixo potencial de irritação da pele. Por conta do tamanho das partículas sólidas do ZnO e do TiO<sub>2</sub>, a aplicação da substância contendo essas partículas deixa uma película branca sobre a pele, o que é esteticamente indesejável para o usuário. Quanto aos fotoprotetores orgânicos, estes são classificados em filtros UVA e UVB, de acordo com o tipo de RUV para o qual a fotoproteção desses compostos é eficiente. Essa limitação existe porque esses compostos não apresentam um amplo espectro de proteção, a exemplo das benzofenonas e avobenzonas, que protegem somente contra a UVA, e os salicilatos e cinamatos, que agem exclusivamente contra os raios UVB [28].

## **1.3 A espectroscopia e o espectrofotômetro**

A espectroscopia é definida como um conjunto de métodos para análise de substâncias. A espectroscopia se baseia na produção e interpretação de espectros de emissão ou absorção de luz pela matéria, sob a forma de ondas eletromagnéticas. Métodos espectroscópicos são utilizados em diversas áreas, como química, física, biologia, materiais, engenharias, medicina e na indústria [29]. Substâncias com elementos químicos ou moléculas constituintes diferentes absorvem, refletem e dispersam a luz de formas distintas. É possível realizar, numa determinada amostra, análise espectroscópica quantitativa e qualitativa, para identificar e determinar a concentração das substâncias que compõem a amostra conforme a sua interação com a luz [30].

Os equipamentos eletrônicos específicos que registram a intensidade da radiação em cada comprimento de onda em função da interação da energia com a matéria são conhecidos como espectrômetros ou espectrofotômetros. A espectroscopia se denomina conforme a região da frequência em que operam suas fontes de luz. Por exemplo, se uma fonte ultravioleta é usada, a técnica é denominada de espectroscopia ultravioleta. Caso a radiação seja infravermelha, é conhecida por espectroscopia no infravermelho, e assim por diante. Desde seu início, na segunda metade do século XIX, a técnica evoluiu e se tornou uma das mais utilizadas em todo o mundo [30]. São diversas as aplicações dos espectrofotômetros, a exemplo de mensurar elementos adicionados a uma droga e medir o crescimento bacteriano de uma amostra.

Para o funcionamento básico de um espectrofotômetro, tem-se: uma amostra é colocada dentro do espectrofotômetro; uma fonte de luz e um dispositivo denominado de monocromador, o qual divide a luz em cores, ou seja, em comprimentos de onda individuais; uma fenda ajustável que permite apenas a passagem de um comprimento de onda específico através da solução da amostra; Durante a medição, uma onda da luz com comprimento adequado atinge a amostra, que está em um pequeno recipiente chamado de cubeta ou porta-amostra; a luz passa através da amostra e é identificada pelo detector.

Basicamente, um espectrofotômetro é constituído por uma fonte de luz, que emite comprimentos de onda conhecidos, e um elemento sensor, o qual pode ser um fotodiodo, um fototransistor ou mesmo um fotorresistor (resistor sensível à luminosidade).

Entre as fontes de luz empregadas nos espectrofotômetro, o LED (Diodo Emissor de Luz) apresenta diversas vantagens frente, como baixa tensão e corrente de operação, o que garante uma maior segurança aos usuários, dimensões reduzidas, não gera energia térmica e tem baixo custo financeiro.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 O Produto**

O Produto Educacional é uma Sequência Didática para ensino e aprendizagem sobre o Espectro de Emissão da Radiação de Ondas Eletromagnéticas, em especial sobre as RUV, a interação dessas com alguns materiais, assim como sobre a sua interferência na saúde do ser humano. Esse produto é direcionado a alunos do 3º ano do Ensino Médio, tendo em vista o conteúdo programático previsto para essa série e seus pré-requisitos.

A SD compõe um conjunto de atividades, que se resumem em: apresentação de slides e vídeo; explanação de conteúdo teórico, apresentação de Questionários e respostas a esses; montagem de espectrofotômetros; e medições de transmitância da RUV em fotoprotetores. Espera-se que essas atividades sejam permeadas por discussões pertinentes ao tema. É importante que, para a vivência desta SD, sejam previamente levantados recursos teóricos suficientes para a montagem de um ou mais espectrofotômetro e que, ao mesmo tempo, a realidade da dimensão social das escolas, em especial as públicas do turno noturno, seja considerada.

As atividades da SD estão divididas em cinco encontros, com cada um tendo duração prevista de até 70 minutos. Cada encontro é composto de um a três momentos, de acordo com os tipos de atividades programadas. A duração das atividades pode ser adaptada à realidade de cada turma, sendo possível também agrupar turmas. A Tabela 1 apresenta um resumo da estrutura da SD, que será discutida em detalhes na próxima seção.

Tabela 1. Descrição da sequência didática.

Encontro/ Momento	Atividade	Objetivo	Duração prevista
1/1	Apresentação de figuras e vídeo sobre radiações UVA e UVB e debate.	Relacionar conhecimentos do cotidiano dos alunos sobre a RUV aos conceitos físicos elementares.	20 min.
1/2	A radiação solar.	Conhecer características da radiação solar sobre a terra.	15 min.
1/3	Apresentação sobre o questionário 1 e debate.	Relacionar os conhecimentos prévios dos alunos aos conceitos apresentados.	35 min.
2/1	Revisão sobre ondas e espectro eletromagnético.	Identificar as diferentes bandas de emissão da radiação eletromagnética.	45 min.
2/2	Apresentação do questionário 2 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	25 min.
3/1	Conceitos sobre Energia.	Apresentar o conceito de energia.	30 min.
3/2	Como os fotoprotetores atuam?	Conhecer sobre a interação entre fotoprotetor e RUV.	20 min.
3/3	Apresentação do questionário 3 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	20 min.
4/1	O espectrofotômetro e seus Componentes.	Conhecer elementos e aplicações do espectrofotômetro.	20 min.
4/2	Montagem de espectrofotômetros.	Conhecer a elaboração e o funcionamento de um espectrofotômetro.	50 min.
5/1	Medições com fotoprotetores e discussões finais.	Realizar medições para verificar a interação da RUV com o fotoprotetor.	70 min.

## 2.2 O espectrofotômetro

Na Tabela 2 estão apresentados os materiais necessários para compor um kit de montagem de espectrofotômetro. Em 2019, o custo estimado para a montagem de um espectrômetro foi R\$ 70,00. O uso de conectores do tipo encaixe rápido é primordial para a dinâmica dos trabalhos de montagem do equipamento.

Tabela 2. Materiais para o espectrofotômetro.

Item	Descrição	Quantidade
01	Fonte de alimentação com saída 9 ou 12 V e capacidade nominal de corrente elétrica DC de até 1000 mA.	01
02	Conectores tipo bornes para conexão dos terminais do multímetro e da fonte de alimentação.	04
03	Chave liga-desliga tipo alavanca.	01
04	Resistor de 470 ohms, para manter a tensão constante em 3,2 V, para alimentar o LED UVA.	01
05	Caixa elétrica de passagem em PVC com dimensões aproximadas de 15 cm × 17 cm × 7 cm para uso como câmara escura.	01
06	LDR (Resistor Dependente de Luz).	01
07	LED 375 nm.	01
08	Multímetro.	01
09	Suporte para o LED e LDR. Puxadores plásticos para box.	02
10	Fio 14 AWG flexível ou similar. Opção: usar fios de sucata de reatores de lâmpadas fluorescentes.	30 cm
11	Lâminas de vidro (3 mm de espessura e 5 cm × 7 cm de área).	05

Um diagrama com imagens para auxiliar na montagem do circuito elétrico do espectrofotômetro está apresentado na Figura 1.

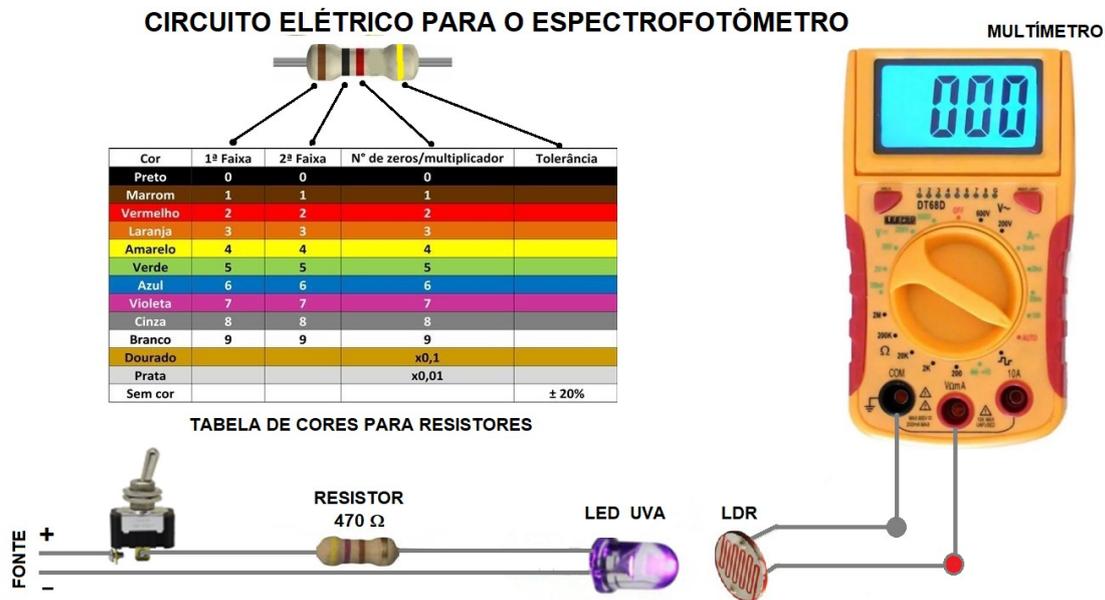


Figura 1. Componentes e circuito elétrico do espectrofotômetro. Fonte: Os autores, com adaptação de <https://www.mundodaeletrica.com.br/y/766/3-faixas-600.jpg>; <https://www.jmaferramentas.com.br/>; <https://www.baudaeletronica.com.br/>; <https://mundoprojetado.com.br/wp-content/uploads/2018/06/LDR.jpg> (acesso em 11 abr 2020).

Os itens necessários para a realização das análises com o espectrofotômetro são:

- Amostras dos protetores solares, em creme, preferencialmente de duas marcas diferentes, que possibilitem proteção mútua contra radiação UVA e UVB; as respectivas embalagens ou rótulos informativos também são necessárias para fins de conferência das informações sobre o produto;
- Papel toalha ou similar;
- Recipiente com água para limpeza dos porta-amostras (opcional);
- Porta-amostras de vidro com espessura de 3 mm, devidamente limpos;
- Planilha (Tabela 3) e a fórmula da Lei de Beer, para registro dos valores da medição e anotação dos valores em percentuais da transmitância resultante da incidência da radiação ultravioleta emitida pelo LED UV sobre as amostras dos cremes em análise.

Tabela 3. Valores percentuais relativos de transmitância e absorção.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta-amostra ( $I_0$ )	Com porta-amostra ( $I$ )	Fotoprotetor 1 ( $I$ )	Fotoprotetor 2 ( $I$ )	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )					
Transmitância (%)			VALORES?		
Absorção (%)					

A seguir, é discutido o detalhamento da SD, por meio da descrição das atividades a serem realizadas em cada encontro e dos seus respectivos momentos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão descritos os cinco Encontros que resumem as etapas a serem vivenciadas na SD. Uma discussão sobre aspectos relativos de cada encontro é também apresentada.

#### 3.1 A Sequência Didática

##### *ENCONTRO 1 – A radiação ultravioleta no cotidiano*

Esse primeiro encontro tem dois objetivos específicos baseados na abordagem CTS. O primeiro é provocar uma exposição de ideias e conhecimentos dos alunos trazidos do cotidiano, veiculados nos meios de comunicação e adquiridos na escola. O segundo é motivar os alunos para participar de debates, por meio da apresentação de dúvidas e opiniões, de forma a aprimorar, assim, suas argumentações.

##### **Primeiro Momento – Apresentação de imagens, exibição do vídeo e debate com os alunos**

Esse primeiro momento é iniciado com uma apresentação de um conjunto de imagens ilustrativas, com telas relativas ao hábito e modismo da cultura do bronzeamento natural e artificial, que retratem sobre a radiação solar e alguns dos seus efeitos sobre a pele humana, fazendo uso, também, de imagens com mensagens de alerta sobre os riscos da exposição à RUV para a saúde. Uma das imagens propostas é a apresentada na Figura 2. Sugere-se que o professor previamente escolha as imagens que considerar pertinentes.

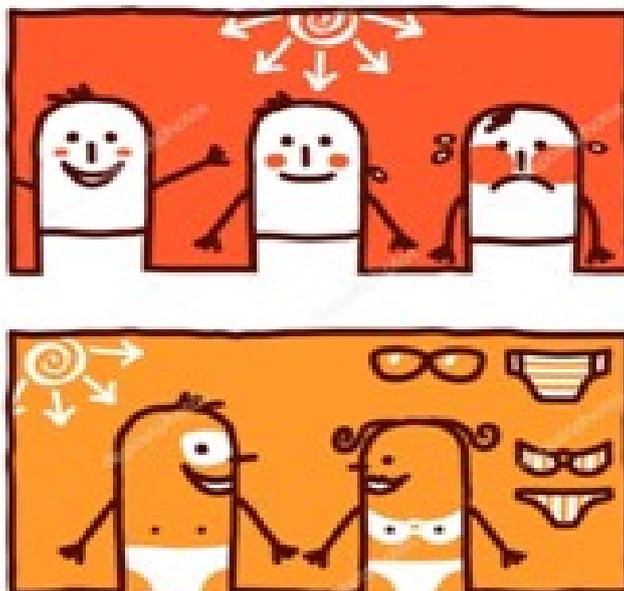


Figura 2. Cultura do bronzeamento. Fonte: <https://br.depositphotos.com/152116726/stock-illustration-girl-character-cartoon-vector-flat.html> (acesso em 11 abr 2018).

Depois de algumas discussões sobre as imagens, é apresentado o vídeo “A importância do filtro solar”, com duração de 4 minutos. Esse vídeo está disponível por meio do link <https://youtu.be/QY57UcEZAB4>, em um canal que exibe informações básicas sobre os efeitos da RUV para navegantes das mídias sociais. O vídeo não apresenta, fundamentalmente, informações embasadas em conceitos físicos, mas proporciona noções sobre algumas características físicas das ondas eletromagnéticas, mais especificamente sobre RUV. Pode-se considerar que esse vídeo contribua para a abordagem CTS, servindo na SD para auxiliar os alunos a relacionarem os

conhecimentos já adquiridos por eles na disciplina de Física com conhecimentos oriundos do cotidiano.

Pontos relevantes a serem abordados em função da apresentação do vídeo:

- Principais características das radiações UVA e UVB;
- Interações dessas radiações sobre a pele humana;
- As reações que podem ser observadas na pele atingida pela RUV;
- Benefícios e malefícios da exposição da pele à radiação solar;
- Quais radiações provocam efeitos na pele como ardência e bronzeamento;
- A importância do uso do protetor solar e de acessórios que evitam os efeitos nocivos à saúde decorrentes da exposição às radiações solares do tipo RUV;
- Orientação sobre escolha do Fator de Proteção Solar (FPS), a partir de informações constantes nos rótulos das embalagens dos protetores solares (fotoprotetores);
- Horários diários de maior e menor incidência das radiações.

Os artigos de Flor et al. (2007) [18] e de Jesus et al. (2018) [24] apresentam informações que podem ser suficientes para a abordagem sobre esses pontos destacados, servindo como sugestão de leitura prévia pelo professor. Caso o professor considere adequado, pode sugerir aos seus estudantes para que leiam também alguns trechos desses dois artigos.

É provável que seja necessário repassar o vídeo para que os alunos possam observar melhor algumas informações. Após a apresentação do vídeo, inicia-se o debate sobre as informações apresentadas nas imagens e no vídeo, com o objetivo de despertar um maior interesse dos alunos em participar do decorrer de toda a sequência. O debate é parte importante na abordagem CTS [3]. A seguir estão algumas perguntas e comentários que podem ser apresentados aos alunos no decorrer do debate:

- Quais os diferentes efeitos causados pela exposição às radiações UVA e UVB, respectivamente?
- Por que usar protetor solar?
- O fator de proteção solar (FPS) tem relação com a radiação UVA ou somente com a UVB?
- Já perceberam que mesmo na sombra é possível ficar com a pele “avermelhada” e até pegar um bronze quando estamos na praia?
- Alguém já teve os braços bronzeados quando expostos ao sol mesmo usando camisa de manga longa?
- Qual a diferença entre bronzeamento natural e artificial?

## **Segundo Momento – Abordagem sobre radiação solar**

O objetivo desse momento é ampliar as informações sobre a radiação solar com a apresentação de dados mais específicos sobre RUV.

Com a exibição de cinco slides, são apresentadas informações sobre a radiação solar e os efeitos da sua incidência na superfície terrestre, os percentuais de incidência da RUV em comparação às demais radiações, os percentuais entre a incidência de UVA e a UVB, o papel da camada de ozônio, a absorção e reflexão dessas radiações pelas nuvens e em diversas superfícies terrestres, como areia, neve, geleiras, água, matas, cidades e outros. Também podem ser apresentadas noções sobre ângulo solar zenital e a interferência da sua variação na intensidade da radiação solar, utilizando como exemplo de aplicação a eficiência das placas fotovoltaicas solares. Esse segundo momento pode ser adequado também para se comentar sobre bronzeamento artificial em câmaras com lâmpadas de radiação UVA e seus efeitos maléficos para a saúde. Um maior detalhamento sobre essas informações pode ser obtido nas referências [15, 18, 23, 24]

## **Terceiro momento – Questionário 1 e debate**

O Questionário 1, que está apresentado a seguir, é para ser respondido individualmente. Esse questionamento tem como objetivo identificar os conhecimentos dos alunos sobre o que foi discutido nas seções anteriores e a conexão que eles fazem com as informações divulgadas pelos

meios de comunicação aos quais eles têm acesso. As respostas contribuem para que os alunos estabeleçam uma relação entre seus conhecimentos prévios e as informações discutidas no segundo momento desta SD.

### Questionário 1

1. Hoje você conheceu um pouco mais sobre as radiações UVA e UVB. Você pode comentar uma diferença entre essas duas radiações?
2. Os meios de comunicações, por meio de campanhas de conscientização, tentam convencer as pessoas sobre os cuidados que devem ter com a pele e com os olhos diante as radiações solares, principalmente nos momentos de sua maior intensidade ao longo do dia. Qual faixa do espectro de emissão da radiação solar pode gerar riscos à saúde? Cite um problema causado ao ser humano em decorrência da exposição a essa radiação.
3. Podemos observar em nosso dia a dia que algumas pessoas tentam se proteger do sol usando blusas de manga longa, chapéus, óculos e outros acessórios com indicação para proteção contra as radiações ultravioleta. Você acredita que roupas normais como as que estamos vestindo, sombreros (sobrinhos e guarda-chuva ou guarda-sol), óculos falsificados e outros, são capazes de proteger sua pele e olhos das radiações UV? Comente sua afirmativa.
4. De que maneira os fotoprotetores agem na proteção da pele contra as radiações ultravioletas?
5. Sobre o fator de proteção solar (FPS), o que representam os números (10,15, 30, 40...) que aparecem nas embalagens dos cremes protetores solares?
6. Sobre a radiação ultravioleta, responda:
  - a) Em dias nublados, devemos abrir mão do uso do protetor solar e de óculos com proteção contra RUV?
  - b) A não incidência direta da luz solar sobre a pele garante o bloqueio das radiações ultravioletas? Comente suas respostas.

Alguns pontos tratados nas questões:

- Diferentes tipos de radiações emitidas pelo Sol e suas interferências na saúde do homem;
- Obstáculos para as radiações, em particular as ultravioletas;
- O significado de FPS (Fator de Proteção Solar) apresentado nos protetores solares, como é aplicado e seu efeito restrito à radiação UVB;
- Quais fatores naturais reduzem a incidência da radiação UVA e UVB sobre a Terra.

Enquanto os alunos estiverem respondendo o questionário, eles podem apresentar em voz alta dúvidas sobre as questões. Os últimos quinze minutos desse terceiro momento (aula) podem ser usados para um debate sobre o questionário, quando os alunos podem comentar suas respostas e ampliar as informações, embora não possam alterar as respostas informadas no questionário. No enfoque CTS é importante levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos relativos à situação contextualizada, sejam esses conhecimentos matemáticos, físicos, químicos, biológicos ou outros [4].

### ***ENCONTRO 2 – Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético***

A finalidade desse encontro é proporcionar a revisão dos conceitos sobre ondas eletromagnéticas e espectro de emissão das radiações eletromagnéticas, que são fundamentais para as próximas etapas dessa SD.

## Primeiro momento – Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético

Esse momento tem o objetivo de identificar características das diferentes bandas de emissão da radiação eletromagnética.

Na revisão, são apresentadas aos alunos telas com textos contendo imagens que relacionam conceitos elementares sobre frequência, reflexão e refração da luz, comprimento de onda, velocidade de propagação, características que diferenciam as diferentes faixas do espectro eletromagnético e as relações de intensidade, amplitude, frequência e energia.

Considerando-se ainda os conhecimentos básicos dos alunos sobre ondas mecânicas, adquiridos no 2º ano do Ensino Médio, é realizada uma abordagem comparativa entre as duas naturezas das ondas, mecânicas e eletromagnéticas. A utilização de imagens exemplificando os elementos de uma onda eletromagnética e o espectro magnético, com informação sobre frequência e comprimento de onda, abordando-se os conceitos necessários para o aprofundamento dos conhecimentos sobre as RUV, pode tornar a aula mais dinâmica.

## Segundo momento – Aplicação do segundo questionário e debate

O Questionário 2 da SD pode ser respondido em dupla. Esse questionário tem questões mais objetivas, se comparado ao primeiro, por explorar informações principalmente voltadas aos conceitos físicos. O estudo sobre ondas eletromagnéticas pode ter como obstáculo dificuldades de abstração por parte dos alunos, o que faz com que a relação desse tema com o cotidiano não seja firmada, por tratar de radiações, que são “invisíveis” aos olhos, apesar de seus efeitos estarem intensamente presentes na vida de todos [4]. Alguns dos pontos tratados nas questões:

- Diferentes características entre ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Quais elementos definem a separação das faixas espectrais como comprimento de onda e frequência;
- Fatores relacionados aos diferentes níveis de energia das faixas espectrais;
- Características das diferentes radiações do espectro.

### Questionário 2

1. Alguns termos, ou elementos, fazem parte do estudo das ondas, como: frequência, período, comprimento de onda e amplitude. Conceitualmente, esses termos são comuns para as ondas mecânicas e eletromagnéticas. Quais as principais características diferem esses dois tipos de ondas? Comente sua resposta.
2. Quais dos três elementos: frequência, período ou amplitude, definem e classificam as bandas do espectro de emissão da radiação eletromagnética? Como complemento da sua resposta, faça um esboço de uma onda eletromagnética representando esses principais elementos.
3. As radiações eletromagnéticas são compostas por dois campos defasados entre si em  $90^\circ$ , um campo elétrico e um campo magnético, como mostra a Figura 3 a seguir:

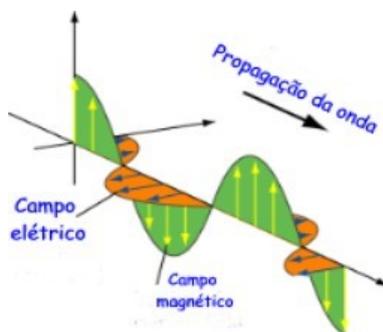


Figura 3. Propagação da onda eletromagnética. Fonte: [www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm) (acesso em 11 abr 2018).

Cite três aplicações que você conhece no seu dia a dia que utilizam ondas eletromagnéticas.

4. Complete os espaços da seguinte frase:

As ondas eletromagnéticas se propagam no \_\_\_\_\_, transportando \_\_\_\_\_ e não matéria.

5. A radiação eletromagnética depende de meio material para ser transportada? Justifique sua resposta?

6. A radiação solar está ativamente presente em nosso dia a dia. Relacione os itens a seguir com as características do espectro da radiação solar citadas ao lado:

Aquecimento ( )

Luminosidade ( )

Ardência e queimadura na pele ( )

Bronzeamento da pele ( )

**Características:**

1 - Espectro visível

2 - Radiação UVA

3 - Radiação infravermelha

4 - Radiação UVB

Para o debate, o questionário pode ser apresentado em slide, os estudantes respondem e em seguida é iniciada uma discussão a partir das respostas. Os estudantes podem fazer duplas para comentar oralmente sobre suas próprias respostas e sobre as respostas das outras duplas. Essa interação contribui para que os alunos percam a timidez, quando for o caso, em expor opiniões e conceitos diante da turma, o que possibilita a dinamização dos processos de aprimoramento de conhecimentos e negociação de significados [3, 4].

### ***ENCONTRO 3 – Conceito de energia e atuação dos fotoprotetores***

Esse encontro tem como principal objetivo abordar os conceitos que tratam sobre energia dos fótons, com a finalidade de promover nos alunos a compreensão sobre a interação dessa energia com a matéria.

#### **Primeiro Momento – Conceito sobre energia**

Utilizando slides e folha impressa entregue aos alunos, com um texto e duas questões, são abordados tópicos sobre energia e suas diferentes formas. Sobre energia eletromagnética, são abordadas as fontes geradoras, meios de transmissão, transformações de unidade, fórmulas, níveis de energia no átomo, constante de Planck, cálculo da frequência e da energia da radiação em função do comprimento de onda, a exemplo da Equação 1. Os livros didáticos de física da educação básica apresentam informações conceituais sobre esse tema. Essa conceituação é importante, pois promove um elo entre a ciência e o cotidiano [3].

#### **Segundo momento – Interação entre a RUV e o fotoprotetor**

No segundo momento desse terceiro encontro, são apresentados, por meio de slides, conceitos elementares sobre o processo de filtração e/ou bloqueio físico e químico da RUV nos fotoprotetores. A Figura 4 exemplifica imagens que podem ser apresentadas para ilustrar o comportamento da RUV ao interagir com os fotoprotetores. A imagem da esquerda mostra que o fotoprotetor atua como uma película refletora desse tipo de radiação. A presença do dióxido de titânio e de óxido de zinco possibilita essa reflexão da radiação [23]. A imagem da direita mostra que devido a interação dos fótons com as partículas do fotoprotetor a radiação incidente pode ter sua energia reduzida, resultando em reflexão parcial dos fótons.

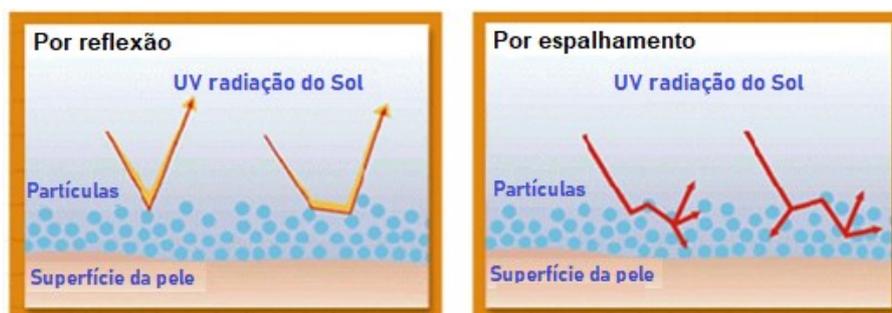


Figura 4. Reflexão e espalhamento da RUV pelo fotoprotetor. Fonte: <https://www.slideshare.net/COMASTRI/fotoprotetor> (acesso em 11 out 2021).

### Terceiro momento – Resposta ao Questionário 3

O Questionário 3, com quatro questões objetivas de múltipla escolha, que pode ser respondido em dupla, visa explorar informações mais voltadas aos conceitos físicos relacionados às energias das RUV. Alguns pontos tratados nas questões:

- Identificação das subfaixas da RUV em função do comprimento de onda da radiação;
- Identificação de características físicas das RUV em função do comprimento de onda;
- Identificação da ordem crescente de energia das RUV em função de alguns efeitos sobre a pele;
- Características das diferentes radiações do espectro em função de alguns efeitos sobre os seres vivos.

Enquanto os estudantes estiverem respondendo ao questionário, caso seja necessário, podem ser disponibilizadas a eles fórmulas para o cálculo do comprimento de onda. Após a entrega dos questionários pelos alunos, é iniciada uma rodada de debates sobre suas respostas, para socialização de informações e esclarecimento de dúvidas dos alunos referentes às questões.

### Questionário 3

**Questão 1.** A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a Figura 5a.

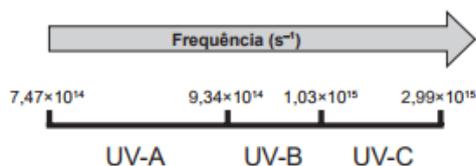


Figura 5a. Fonte: ENEM 2015.

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 nesta figura:

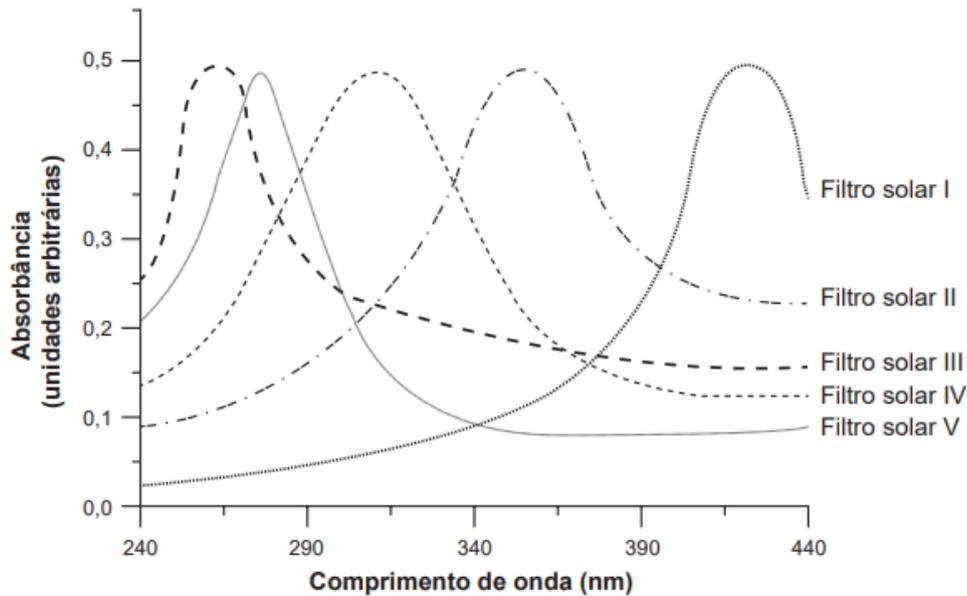


Figura 5b. Fonte: ENEM 2015.

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.

**Comentário:** Essa questão tem por objetivo incentivar o aprendizado dos alunos sobre comprimento de onda das radiações UVA, UVB e UVC. Esse conhecimento auxilia os alunos quanto à escolha de um filtro solar (fotoprotetor) em função da respectiva fotoproteção informada na embalagem do produto, o que se refere à máxima intensidade do comprimento de onda da UVB.

**Questão 2.** (UCS Vestibular de Verão 2011) - Muito se comenta a respeito dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas do Sol. Comparando-os aos raios violeta, que não são considerados nocivos, qual diferença podemos encontrar?

- A radiação ultravioleta possui comprimento de onda menor.
- A radiação ultravioleta possui comprimento de onda maior.
- A radiação violeta (visível) se propaga mais rápido no vácuo.
- A radiação violeta (visível) se propaga mais lentamente no vácuo.
- A frequência do ultravioleta fica num valor intermediário entre a frequência do azul e a do violeta.

**Comentário:** Estimular no aluno o interesse pelo conhecimento quanto à percepção das diferenças nas características físicas entre uma radiação que pode ser prejudicial à saúde do homem e outra radiação solar menos prejudicial à saúde do ser humano. Essa questão aborda sobre uma importante relação social, por envolver as RUV e a saúde do ser humano, o que condiz com o enfoque CTS [3].

**Questão 3.** (Qconcurso.com 2015) - Os raios ultravioletas, que são emitidos pelo Sol e por lâmpadas junto com o espectro visível, são classificados pelo seu comprimento de onda. A radiação UV é dividida em três categorias, conforme o seu comprimento de onda: UVA (315-400 nm), UVB (290-315 nm) e UVC (100-290 nm). Os raios UV interagem diretamente com o DNA, podendo provocar sérias alterações nos seres vivos (eritemas, bronzeamento, diminuição da resposta imunológica, indução do câncer de pele etc.).

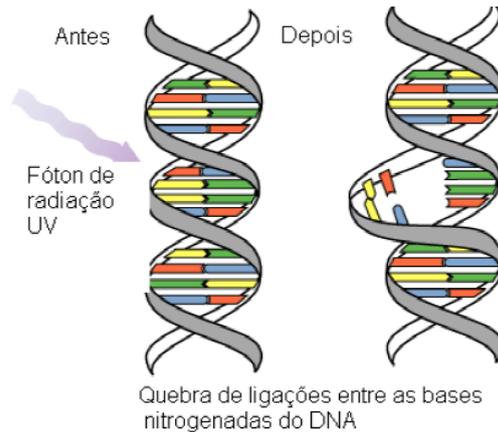


Figura 6. Fonte:

<https://luzfernandofleury.com.br/site/wp-content/uploads/2019/09/dna.jpg>

A ordem crescente de energia das radiações UVA, UVB e UVC são, respectivamente:

- UVB < UVA < UVC.
- UVC < UVB < UVA.
- UVA < UVC < UVB.
- UVA < UVB < UVC.
- UVC < UVA < UVB.

Comentário: Essa questão tem o objetivo de promover a compreensão da ordem energética do espectro dos tipos de radiação UV em função de seus comprimentos de onda e frequências.

**Questão 4.** (ENEM 2017)



A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:

- Visível.
- Amarela.
- Vermelha.
- Ultravioleta.
- Infravermelha.

Comentário: Essa questão contribui para identificar o entendimento dos alunos sobre os efeitos da exposição às diferentes faixas do espectro da radiação solar sobre os seres vivos.

A inserção de tirinha na SD oportuniza um momento lúdico, mobilizando ainda mais os estudantes para discussões associadas ao cotidiano, o que pode facilitar o entendimento deles sobre os conceitos abordados [31].

## **ENCONTRO 4 – O Espectrofotômetro e a montagem de um protótipo**

Esse encontro tem como objetivo apresentar para o aluno o que é um espectrofotômetro, suas aplicações e seus elementos básicos, além da montagem de um protótipo com a utilização de materiais facilmente acessíveis.

### **Primeiro momento – O Espectrofotômetro e seus Elementos Básicos**

São apresentadas noções sobre espectrofotômetro de uso profissional, tais como princípio básico de funcionamento, algumas de suas aplicações e o uso desse tipo de equipamento em análises das alterações das características da RUV ao interagir com a matéria. A Figura 7 apresenta um exemplo de espectrofotômetro profissional.



Figura 7. Exemplo de espectrofotômetro. Fonte: <https://www.lojabunker.com.br/Espectrofotometro-UV-VIS-190-a-1100nm1> (acesso em 11 out 2018).

O objetivo desse momento é fazer com que os alunos possam manusear um espectrofotômetro e conhecer melhor algumas características físicas dos seus componentes. São apresentados fisicamente os componentes para montagem de um protótipo de espectrofotômetro, que tem como base uma fonte de luz com emissão com comprimento de onda conhecido, no caso um LED UV, um resistor sensível à variação da luminosidade (LDR), um multímetro, uma fonte elétrica e outros. Esses componentes são apresentados e discutidos conforme descrição a seguir.

Sobre o LDR, é apresentada a relação de proporcionalidade inversa entre LDR e o nível de incidência luminosa a que ele é exposto, sendo também explicado que no espectrofotômetro o LDR tem a função de receber a radiação emitida pelo LED e enviar para o multímetro dados relativos à variação da sua resistência.

Com o auxílio de imagens, projetadas ou impressas, é apresentado o LED e suas diversas vantagens frente a outras fontes de luz artificial, tais como: baixa tensão e corrente de operação, o que garante uma maior segurança aos usuários; dimensões reduzidas; não gera energia térmica; baixo custo financeiro, entre outras. Também é apresentado o LED utilizado como fonte de radiação na construção do espectrofotômetro. O LED emite luz com comprimento de onda na faixa espectral do ultravioleta A (UVA), que varia de 350 a 410 nm.

### **Segundo momento – Montagem dos Espectrofotômetros**

Nesse momento os alunos participam da montagem dos espectrofotômetros, o que serve para promover maior motivação para as atividades e interesse deles sobre o tema abordado. Essa participação também contribui para o entendimento de que práticas experimentais envolvendo tecnologia, o que agrega conhecimento científico [2].

Para esse momento, são formadas equipes, compostas de quatro ou cinco alunos. A depender da quantidade de kits disponíveis para montagem dos espectrofotômetros, pode-se dividir a atividade em mais de uma aula, para que todas as equipes tenham oportunidade de montar um equipamento. Os kits disponibilizados são compostos pelos materiais informados na Tabela 2, apresentada na seção 2.

É possível também explorar sobre os conhecimentos dos alunos relativos a circuitos elétricos durante a montagem dos espectrofotômetros, abordando conceitos básicos, como corrente

elétrica, tensão, potência, resistência elétrica, tipos de circuitos (série e paralelo), instrumentos de medida e outros. Nesse momento, é disponibilizado um diagrama do circuito em folha impressa, elaborado com imagens ilustrativas dos próprios componentes eletrônicos, entrada da alimentação (fonte), multímetro e tabela de código de cores para resistores.

Durante a montagem dos espectrofotômetros, com o propósito de evitar uma possível avaria de algum componente eletrônico, os alunos devem ser orientados a não ligar a fonte e, por conseguinte, não alimentar eletricamente o circuito enquanto não for certificado que esse esteja correto. Em seguida, os espectrofotômetros são testados apenas para verificação do acionamento do LED e da alteração do valor da resistência do LDR pelo multímetro, provocada por variação na incidência luminosa resultante do próprio ambiente. Na Figura 8 são apresentadas fotografias do espectrômetro sendo montado e na Figura 9 o seu circuito elétrico detalhado.



Figura 8. Fotografia do espectrofotômetro com detalhes da sua caixa montada e pronta para o teste, aberta (à esquerda) e fechada (à direita).

### CIRCUITO ELÉTRICO PARA O ESPECTROFOTÔMETRO

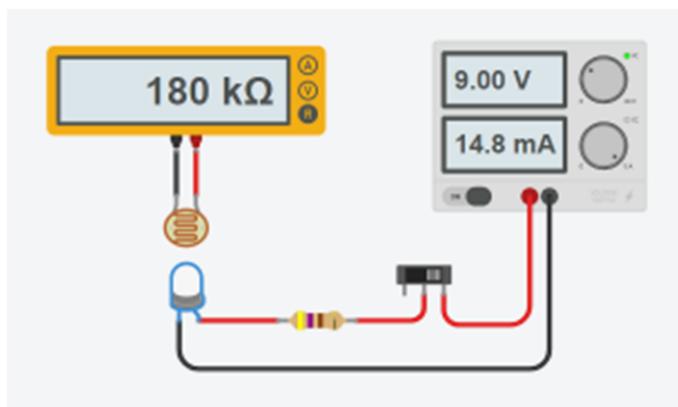


Figura 9. Circuito elétrico do espectrofotômetro, composto por: Fonte, Chave liga desliga, Resistor de 470 ohms, LED ultravioleta, LDR (resistor sensível à variação da luminosidade) e Multímetro.

### ENCONTRO 5 – Medições com fotoprotetores

Este encontro tem como objetivo principal promover uma maior compreensão sobre a interação da radiação com a matéria em função do seu comprimento onda, principalmente da RUV. A Lei Beer é necessária para determinar valores percentuais de transmitância e absorção da RUV incidida sobre meios materiais, relativos à quantidade de radiação que atravessa o meio.

A Lei de Beer prevê que:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Considerando que:  $\%T = 100.T$  e  $(T)$  é a transmitância de uma amostra é dada pela razão entre a quantidade de luz que atravessa essa amostra ( $I$ ) e a quantidade de luz que sobre ela incide ( $I_0$ ). Logo, a luz que passa através de uma substância sem que ocorra absorção, a transmitância percentual é 100%.

Para este experimento, são utilizados valores de resistência do LDR em função da radiação emitida pelo LED UVA, que incide sobre o LDR. A relação adaptada da lei de Beer está representada na relação a seguir:

$$T = \frac{I_0}{I}$$

O feixe de radiação emitido pelo LED ao incidir diretamente (sem qualquer tipo de anteparo) sobre o LDR altera a sua resistência elétrica. Quando o feixe de radiação emitido pelo LED atravessa um anteparo, a exemplo do porta-amostra de vidro, sem ou com amostra (substância), ocorre reflexão e absorção de parte do feixe, o que provoca uma redução da radiação transmitida em relação a radiação incidente, causando um aumento no valor da resistência do LDR. Portanto, considerando a relação inversa entre a quantidade da radiação incidente e a resistência resultante no LDR, tem-se que quanto maior a quantidade de radiação, menor o valor da resistência no LDR, e vice-versa. Dessa forma, nesse experimento, por conta dessa relação inversa, o cálculo do percentual da transmitância, adaptado da Lei de Beer, é definido como a razão entre o valor de resistência devido a radiação que incide diretamente sobre o LDR, sem anteparo, ( $I_0$ ) ou valor fixo, e o valor da resistência em função da radiação que atravessa um anteparo (porta amostra sem amostra e com amostra) e incide sobre o LDR, ( $I$ ) ou valor variável. Assim, tem-se sempre o valor de ( $I_0$ ) menor que o valor de ( $I$ ), resultando em razão menor que 1 (um). Multiplicando-se esse valor por 100, obtém-se o percentual da transmitância ( $T\%$ ). Esse cálculo é aplicado mantendo-se o valor fixo ( $I_0$ ) e variando o valor de ( $I$ ), sucessivamente, para as amostras das substâncias a serem analisadas.

As medições podem ser realizadas extrassala de aula, utilizando os espectrofotômetros para avaliação do percentual de transmitância da radiação UVA de amostras de cremes protetores solares (fotoprotetores) e de hidratante corporal. Após o registro dos valores da variação da resistência elétrica no LDR, os dados coletados são lançados na Tabela 3. Um exemplo da tabela já preenchida com valores ilustrativos obtidos com um protótipo de espectrômetro é ilustrado a seguir na Tabela 4.

Tabela 4. Valores ilustrativos percentuais relativos de transmitância e absorção.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta-amostra ( $I_0$ )	Com porta-amostra ( $I$ )	Fotoprotetor 1 ( $I$ )	Fotoprotetor 2 ( $I$ )	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )	6.200	6.500	14.600	13.200	7.000 ( $I$ )
Transmitância (%)	100	95	42	45	88
Absorção (%)	0	5	58	55	12

### Primeiro momento – Medições com os Fotoprotetores

Neste momento, é fundamental dispor de todos os materiais necessários, bem como a organização da turma em equipes para garantir a agilidade da atividade

As equipes ficam livres para a escolha da marca do fotoprotetor e do hidratante a serem usados dentre os disponíveis no kit ou para usar outro tipo trazido de casa, conforme orientação do professor.

### **Etapas de Procedimentos para Realização das Medições**

**Primeira etapa:** Com a caixa do espectrofotômetro fechada, incide-se diretamente a radiação UVA oriunda do LED sobre o LDR sem porta-amostra, e registra-se na Tabela 3 o valor da resistência do LDR. Esse valor serve de referência ou valor fixo ( $I_0$ ), relativo à máxima radiação emitida pelo LED que chega ao sensor (LDR).

**Segunda etapa:** Utilizando o porta-amostra de vidro, posicionado em uma das vias existentes na caixa entre o LED e o LDR, ainda sem a amostra do fotoprotetor, o valor da resistência elétrica no LDR é identificado e registrado na Tabela 3, no campo destinado a essa informação. Nesse momento, os alunos podem observar se houve ou não variação da resistência em relação ao valor anteriormente registrado sem o porta-amostra. Depois disso, o professor pode comentar e questionar sobre o procedimento com o objetivo de estimular os alunos a discutirem, por exemplo, a possibilidade da ocorrência da reflexão ou da absorção da luz através do vidro. Em função das características físicas e dos materiais do vidro, ocorre absorção da radiação e, conseqüentemente, variação no valor da resistência.

**Terceira etapa:** As equipes ficam livres para escolher dois fotoprotetores entre os disponíveis (em algumas equipes os alunos trouxeram de casa), e, na seqüência, é aplicada uma pequena quantidade do fotoprotetor, suficiente para formar filme fino em torno de um quinto da superfície do porta-amostra. Para o espalhamento se pode usar a ponta de um dos dedos da mão com movimentos circulares, deixando o filme translúcido aos olhos. Em seguida, do mesmo modo que na etapa 2, é observado se ocorre variação do valor da resistência elétrica sobre LDR e é feito o registro do valor na Tabela 3. Nesse momento, dá-se início às discussões entre os alunos sobre as diferenças dos valores entre as condições testadas, sem porta-amostra, com porta-amostra e com a substância (fotoprotetor).

**Quarta etapa:** O porta-amostra é substituído por outro contendo diferente tipo de fotoprotetor, de livre escolha dos alunos, porém de marca diferente. Na seqüência, são seguidos os mesmos procedimentos da etapa anterior. As medições em variados fotoprotetores, normalmente, resultam em valores diferentes e compatíveis com cada tipo.

**Quinta etapa:** É utilizada como amostra algum creme hidratante sem indicação de proteção contra radiação UVA. Os procedimentos a serem seguidos são os mesmos das duas últimas etapas. Ao final dessa etapa, é promovida uma breve discussão entre os alunos a fim de se verificar se diferenças entre os valores da resistência no LDR para os fotoprotetores e o hidratante.

**Sexta etapa (opcional):** Na caixa do espectrofotômetro é possível abrigar um par de óculos, de modo a permitir o encaixe da lente (uma por vez) no espaço reservado ao porta-amostras, dando condições para a realização de medições, de maneira semelhante ao procedimento para o fotoprotetor. São utilizados dois tipos de óculos de sol (óculos escuros), sendo um com certificação e indicação de proteção contra as RUV e outro sem essa certificação (clandestino).

**Sétima etapa:** Com os dados que os alunos anotarão na Tabela 3, eles procedem aos cálculos para encontrar os valores em percentuais para cada medida, com cálculos dos percentuais de transmitância e absorção da incidência da RUV sobre o conjunto porta-amostra e camada do fotoprotetor, a partir da Lei de Beer adaptada.

Antes da preparação dos kits de montagem para aplicação do produto, o professor montará um protótipo de um espectrofotômetro para servir de modelo, testando-o conforme as indicações apresentadas para a montagem dos kits, porém com as conexões fixas entre os componentes, não permitindo uma desmontagem e montagem com facilidade.

Foi usado na montagem de um protótipo um LED UVA de comprimento de onda 363 nm, que é de difícil aquisição, pois na atualidade é fornecido somente por importação. Diante disso, pode-se substituí-lo por um LED UVA de 375 nm, dentro da faixa do ultravioleta, disponível para venda direta em lojas especializadas ou via site de compras de materiais eletrônicos.

### 3.2 Finalizando

É essencial que ao longo da sequência e, principalmente, na sua conclusão seja dada oportunidade para que os estudantes opinem sobre as atividades desenvolvidas.

O quantitativo de aulas para a aplicação desse produto educacional é justificado pela inclusão da metodologia baseada em CTS, a qual requer um amadurecimento do aluno no sentido de estabelecer relações entre os fenômenos da natureza que interferem no contexto social e os conceitos físicos nele envolvidos.

O tempo médio previsto para a abordagem do conteúdo proposto de modo convencional seria em torno de três horas e meia, incluindo a abordagem sobre o espectro de emissão da radiação eletromagnética. Mas esse tempo de aulas pode variar a depender da turma e das adaptações que possam ocorrer na SD, podendo-se adequar à quantidade de aulas. No caso de ser necessário reduzir a duração, uma das partes que podem ser suprimidas é a apresentação de slides sobre alguns conteúdos, podendo-se substituí-las por pesquisa realizadas pelos alunos em outros momentos além das aulas.

## 4. CONCLUSÃO

A Sequência Didática apresentada neste trabalho é factível para turmas da Educação Básica, por apresentar recursos que relacionam os aspectos do tema escolhido, radiações solares e seus efeitos, aos respectivos conceitos físicos e às questões sociais. Esse produto pode contribuir para que estudantes do Ensino Médio consigam relacionar, de maneira motivadora, conceitos físicos e fenômenos naturais que interferem no seu próprio meio social, envolvendo temas como saúde e tecnologia. A abordagem com enfoque CTS neste trabalho busca promover a discussão sobre fenômenos naturais que podem interferir na vida das pessoas, com a finalidade de aprimorar a compreensão desses fenômenos, que têm seus conceitos respaldados pela física.

A montagem e utilização de um espectrofotômetro na SD pode contribuir para a concretização do entendimento dos alunos sobre os conceitos físicos envolvidos na abordagem e sobre como a radiação UVA interage com algumas substâncias fotoprotetoras. Esse equipamento pode ser replicado com relativa facilidade, pois os materiais necessários são de baixo custo e podem ser adquiridos com facilidade no comércio. Pode-se considerar, então, que este produto educacional serve para divulgação e entendimento de informações sobre as radiações UVA, UVB e UVC, e quanto aos riscos e benefícios à saúde da exposição a tais radiações, em especial às radiações UVA e UVB.

Ao final, a partir da análise das respostas aos questionários, da observação da participação dos estudantes nas atividades e discussões relacionadas com o experimento, o professor poderá avaliar se houve progresso na compreensão a respeito dos novos conhecimentos abordados. Outras formas de avaliação também podem ser implementadas.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (*MNPEF*) e à CAPES.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio. Brasília (DF): MEC; 2018.
2. Pugliese RM. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. *Ciênc Educ.* 2017;23(4):963-78. doi: 10.1590/1516-731320170040006
3. Santos WLP. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciênc Ens.* 2007 Nov;1:1-12.
4. Gomes EC, Batista MC, Fusinato PA. O estudo das ondas eletromagnéticas a partir do enfoque CTS: uma possibilidade para o ensino de física no ensino médio. *REnCiMa.* 2017;8(1):109-25.

5. Prsybyciem MM, Silveira RMF, Sauer E. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. *Rev Electrón Enseñ Cienc.* 2018;17(3):602-25.
6. Brasil. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília (DF): Ministério da Educação; 2000.
7. Rosa CTW, Pierri, HG, Darroz LM. Sequência didática para abordar conteúdo de ondas a partir da perspectiva teórica de Paulo Freire. *Rev Ciênc Ideias.* 2019;9(1):162-82.
8. Cunha EL, Dickman AG. O estudo da óptica na modalidade de Educação para Jovens e Adultos (EJA) por meio de uma sequência didática diversificada. *Cad Bras Ens Fís.* 2018;35(1):262-89.
9. Hofstein A, Aikenhead G, Riquarts K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. *Int J Sci Educ.* 1988;10(4):357-66.
10. Chiquetto MJ. O currículo de física do ensino médio no Brasil: Discussão retrospectiva. *Rev e-Curriculum.* 2011;7(1):1-16.
11. López JLL, Cerezo JAL. Educación CTS e nacción: enseñanza secundaria y universidad. In: García MIG, Cerezo JAL, López JLL. *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y latecnología.* Madrid (ES): Editorial Tecnos S. A.; 1996.
12. Andrade RC, Tiba C, Fraidenraich N, Souza JL. Estimación do IUV máximo mensal no semi-árido do Nordeste do Brasil–estudo de caso Agua Branca-AL. *Avances en Energ Renov Medio Ambiente-AVERMA.* 2013;17:83-90.
13. Okuno E, Vilela MAC. *Radiação ultravioleta: Características e efeitos.* São Paulo: Editora Livraria da Física; 2005.
14. Stefanovits A, editor. *Ser protagonista: Física. 3º ano: Ensino Médio. 2. ed.* São Paulo: Edições SM; 2013.
15. Kirchhoff VWJH, Echer E, Leme NP, Silva AA. A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa. *Rev Bras Geofísica.* 2000;18(1):63-74.
16. Balogh TS, Velasco MVR, Pedriali CA, Kaneko TM, Baby AR. Ultraviolet radiation protection: current available resources in photoprotection. *Anais Bras Dermat.* 2011;86(4):732-42.
17. Okuno E, Yoshimura EM. *Física das radiações.* São Paulo: Oficina de Textos; 2010.
18. Flor J, Davolo MR, Correa MA. Protetores solares. *Quím Nova.* 2007;30(1):153-8.
19. Rangarajan, M. Zats, J. Effect of formulation on the topical delivery of a-tocophetol. *J Cosmet Sci.* 2003;54:161-74.
20. Costa EJ, Lacaz E. Fotoprotetores. *Med Cután Ibero Lat Amer.* 2001;29(3):145-52.
21. Silva RR, Machado PFL, Rocha RJ, Silva, SCF. A luz e os filtros solares: Uma temática sociocientífica. *Rev Virtual Quím.* 2015.7(1):218-41.
22. Batistuzzo JAO, Itaya M, Eto Y. *Formulário médico farmacêutico. 3. ed.* São Paulo: Pharmabooks; 2006.
23. Araújo TS, Souza SO. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. *Scia Plena.* 2008;4(1):1-7.
24. Jesus LC, Silveira JB, Lunas FR. Radiação ultravioleta e seus efeitos. *Rev Conex Eletrôn.* 2018; 15:105-15.
25. Instituto Nacional de Câncer (INCA). *Estimativa 2010: Incidência de câncer no Brasil.* Brasília (DF): Coordenação de Prevenção e Vigilância (Conprev), Ministério da Saúde; 2018.
26. Nascimento NY, Bardaquim VA, Faria DF, Dias EG, Robazzi MLCC. A experiência da elaboração de um material didático sobre câncer de pele para trabalhadores rurais. *Saúde em Redes.* 2018;4(3):143-52.
27. Autier P, Boniol M, Severi G, Doré JF. Quantity of sunscreen used by European students. *Br J Dermatology.* 2001;144(2):288-91.
28. Nascimento LF, Santos EP, Aguiar AP. Fotoprotetores orgânicos: pesquisa, inovação e a importância da síntese orgânica. *Rev Virtual de Química.* 2014;6(2):190-223.
29. Ball DW. *The Principles of Spectroscopy.* SPIE PRESS. Bellingham, Washington (US): The International Society of Optical Engineering; 2001.
30. Hollas JM. *Basic atomic and molecular spectroscopy.* United Kingdom: Royal Society of Chemistry; 2002.
31. Nunes AVR, Motta LB, Zanotti RF. Compostagem lúdica e interdisciplinar: um recurso para o ensino e a aprendizagem com orientação CTSA. *Braz J Develop.* 2020;6(5):27930-49.