

Radiação eletromagnética e o corpo humano: uma sequência didática para o Ensino Médio em uma abordagem CTSA

Electromagnetic radiation and the human body: a teaching sequence for High School in a STSE approach

La radiación electromagnética y el cuerpo humano: una secuencia didáctica para la Escuela Secundaria en un enfoque CTSA

Raffael Frota Souto Teixeira (raffaelfisica@gmail.com)

Universidade Estadual do Ceará (UECE), Brasil

<https://orcid.org/0009-0003-2384-5153>

Makarius Oliveira Tahim (makarius.tahim@uece.br)

Universidade Estadual do Ceará (UECE), Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-5103-1454>

Resumo

Nesta proposta, são elencadas sugestões de abordagens para se trabalhar a radiação eletromagnética, suas espécies e aplicações, com alunos de Ensino Médio, sobretudo no que concerne à sua relação com o corpo humano. Realiza-se uma discussão interdisciplinar, envolvendo disciplinas como Física, Química, Biologia e História, em uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, a qual promove o pensamento reflexivo e crítico em seus aprendizes, fazendo com que estes sejam capazes de inserir o conhecimento científico em suas realidades, a fim de buscar o bem comum. São mencionados diferentes tipos de radiação eletromagnética e suas utilizações em contextos como o da Segunda Guerra Mundial e nos dias atuais. Por meio desta sequência didática, baseada na Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, almeja-se a que os estudantes da Educação Básica possam ter acesso a conteúdos que têm ficado restritos aos níveis superiores, especificamente no tocante à Física Moderna e Contemporânea. Como se trata de uma proposta ainda a ser aplicada, espera-se que haja a coleta de dados através de questionários Pré-Teste e Pós-Teste, cujos resultados venham a demonstrar sua viabilidade de efetivamente engajar os alunos e promover a compreensão dos benefícios e implicações dessas radiações.

Palavras-chave: radiação eletromagnética; tecnologia; vida na Terra.

Abstract

In this proposal, suggestions for approaches to working with electromagnetic radiation, its species and applications, with high school students are listed, especially with regard to its relationship with the human body. An interdisciplinary discussion takes place, involving subjects such as Physics, Chemistry, Biology and History, in a Science, Technology, Society and Environment approach, which promotes reflective and critical thinking in its apprentices, making them capable of inserting scientific knowledge into their realities, in order to seek the common good. Different types of electromagnetic

radiation and their uses in contexts such as the Second World War and today are mentioned. Through this didactic sequence, based on Meaningful Learning, by David Ausubel, the aim is that Basic Education students can have access to content that has been restricted to higher levels, specifically regarding Modern and Contemporary Physics. As this is a proposal yet to be implemented, it is expected that data will be collected through Pre-Test and Post-Test questionnaires, the results of which will demonstrate its feasibility in effectively engaging students and promoting understanding of the benefits and implications of these radiations.

Keywords: eletromagnetic radiation; technology; life on Earth.

Resumen

En esta propuesta se enumeran sugerencias de enfoques para trabajar con radiaciones electromagnéticas, sus especies y aplicaciones, con estudiantes de secundaria, especialmente en lo que respecta a su relación con el cuerpo humano. Se produce una discusión interdisciplinaria, involucrando materias como Física, Química, Biología e Historia, en un enfoque de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, que promueve el pensamiento reflexivo y crítico en sus aprendices, capacitándolos para insertar el conocimiento científico en sus realidades, con el fin de buscar el bien común. Se mencionan diferentes tipos de radiación electromagnética y sus usos en contextos como la Segunda Guerra Mundial y la actualidad. A través de esta secuencia didáctica, basada en Aprendizaje Significativo, de David Ausubel, se busca que los estudiantes de Educación Básica puedan acceder a contenidos que han estado restringidos a los niveles superiores, específicamente los relacionados con la Física Moderna y Contemporánea. Como se trata de una propuesta que aún no se ha implementado, se espera que los datos se recopilen a través de cuestionarios de prueba previa y posterior, cuyos resultados demostrarán su viabilidad para involucrar efectivamente a los estudiantes y promover la comprensión de los beneficios e implicaciones de estas radiaciones.

Palabras-clave: radiación electromagnética; tecnología; vida en la Tierra.

INTRODUÇÃO

É um desafio docente tornar a disciplina de Física mais acessível aos estudantes. Algo que está ao alcance dos professores, a despeito de todas as dificuldades, é o poder da inovação, tanto nos conteúdos escolhidos para serem ministrados, quanto na maneira como isso se dará.

Quanto àquilo que ensinará, o professor pode priorizar a introdução de conteúdos mais aderentes à realidade dos aprendizes, que os afastem da abstração tendente a se transformar em monotonia e desinteresse, figurando a Física Moderna e Contemporânea no topo da lista de prioridades. Em relação aos meios pelos quais é factível a difusão

desses conhecimentos, tem-se a necessidade de que haja uma maior utilização de mecanismos não convencionais, além do tradicional quadro branco. O aprendiz jamais poderá se valer de todo o seu potencial cognitivo se não puder vivenciar a teoria apresentada, aplicando-a em sua realidade (Moreira, 2021).

Tornar possível um ensino de Física mais atual e instigante é o objetivo geral deste trabalho, especialmente no tocante à radiação eletromagnética e seus efeitos no corpo humano, com o uso de linguagem apropriada a alunos de Ensino Médio, de modo a contemplar vídeos, textos científicos e jornalísticos, além da essencial fundamentação em livros e artigos concernentes.

O assunto presente nesta proposta é extremamente relevante, dada a presença da radiação eletromagnética na história da humanidade, como na descoberta das micro-ondas, na Segunda Guerra Mundial e, mais recentemente, em aparelhos de Raios X (Ribeiro; Pessoa, 2007). Ela também foi capaz de agregar significativos benefícios na Medicina, levando a diagnósticos mais rápidos e precisos, além de uma melhor eficácia de determinados tratamentos, como de fraturas e infecções (Okuno, 2018).

Por essas razões, os conhecimentos aqui contidos estão disseminados em uma abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), uma proposta pedagógica que modifica a visão de neutralidade da Ciência, passando esta a ser orientada pelas implicações do desenvolvimento científico e tecnológico na vida de todos. Como premissa, espera-se contribuir para a redução da carência relativa a conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica (Silva; Carvalho; Philippsen, 2022).

Com tal intuito, propõe-se uma sequência didática de seis aulas, cada uma com cinquenta minutos de duração, baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, às quais poderão ser adicionados outros tópicos julgados necessários para uma melhor contextualização e evolução da turma, como Modelos Atômicos, já que precedem àquilo que é essência deste trabalho. Almeja-se, com isso, ao desenvolvimento de uma estratégia de avaliação de aprendizagem que forneça as ferramentas necessárias para que o professor aprimore seus métodos, habilidades e atitudes (Moreira, 2021).

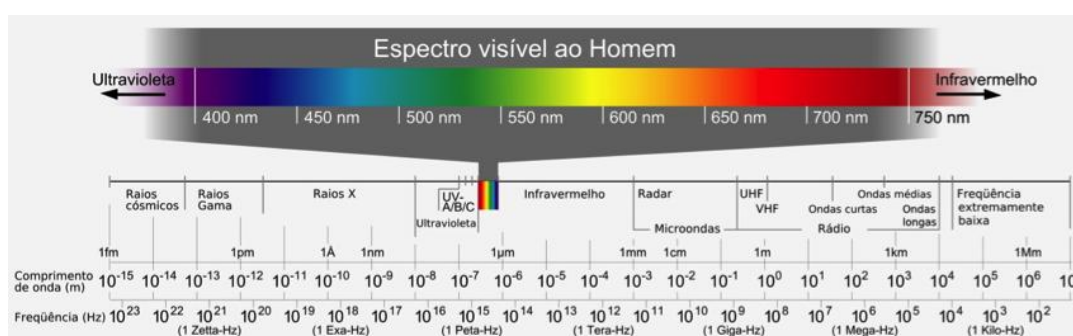
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Esta teoria pedagógica é sugerida por propiciar, de maneira objetiva, a certificação quanto à aquisição ou não de conhecimentos por parte do aluno, com base nos denominados subsunçores a serem investigados pelo professor, que podem ser evidenciados através da Avaliação Diagnóstica, remetendo a experiências anteriores dos discentes. Similarmente, tem-se na Avaliação de Resultados a validação de todo o processo (Moreira, 2021).

Para Ausubel (2002), é preciso ser estimulada e evidenciada a verdadeira compreensão de determinado conceito ou proposição, coibindo-se o que o teórico atribuiu o nome de “simulação da Aprendizagem Significativa”, seja através da formulação de novas questões e problemas ou promovendo-se a apresentação sob uma nova perspectiva.

RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Compreende-se a radiação como uma forma de energia em movimento, manifestando-se através de ondas provenientes de campos elétricos e magnéticos variantes no tempo, perpendiculares entre si, não confinadas ou guiadas, propagando-se à velocidade da luz (Nussenzveig, 2014). Tais ondas estão representadas por meio do espectro eletromagnético, que é a distribuição das mesmas conforme frequência e comprimento característico de cada radiação (Halliday; Resnick; Walker, 2023):



Fonte: FAPESP, 2014.

Figura 1 – O espectro eletromagnético.

Da proposta de Albert Einstein, por sua vez baseada no modelo de quantização trazido por Max Planck, obtém-se que o espectro eletromagnético, com frequência ν e

comprimento de onda λ da onda eletromagnética, assim se relaciona com a energia E do fóton correspondente (Nussenzveig, 2015):

$$E = h\nu \quad (1)$$

Com ν tendo o valor de c/λ , chega-se a (Nussenzveig, 2015):

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

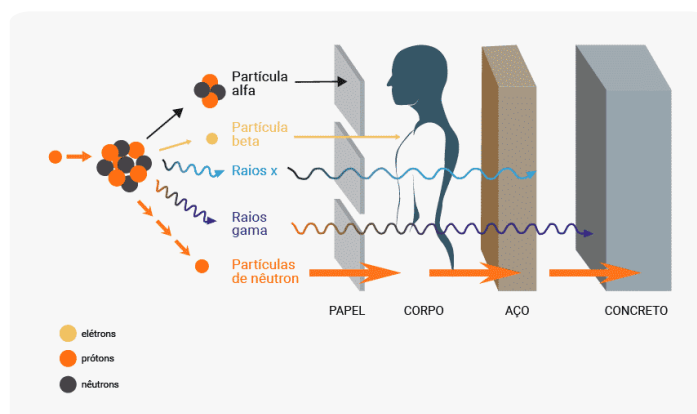
sendo h a Constante de Planck, equivalente a $6,67.10^{-34}$ J.s, e c a velocidade da luz no vácuo, cujo valor numérico definido é 299.792.458 m/s. Cada onda eletromagnética corresponde a um tipo específico de radiação (Nussenzveig, 2015).

A ação da radiação eletromagnética no corpo humano

A estrutura do corpo humano é capaz de absorver ou refletir radiação eletromagnética de todo o espectro, porém de formas e graus distintos (Ribeiro; Pessoa, 2007). Isso está diretamente relacionado aos coeficientes de reflexão e de transmissão, que dependem da frequência ν e do comprimento λ da onda eletromagnética e do meio que a absorve (Okuno; Yoshimura, 2010).

Os campos elétricos dessas ondas emitidos pelos condutores de energia elétrica agem na superfície do corpo humano. De maneira diferente, os campos magnéticos de mesma frequência, ou seja, 60 Hz, têm facilidade na penetração por não incidir sobre eles atenuação significativa, pois a permeabilidade magnética do corpo é bastante similar à do ar (Okuno; Yoshimura, 2010).

A profundidade de penetração em tecidos depende do teor de água neles contido. No caso dos músculos, as ondas curtas com frequência de 27,72 MHz, utilizadas em fisioterapia, têm neles penetração de 14,3 cm, enquanto as ondas de telefonia celular, de cerca de 900 MHz, conseguem atingir 3 cm. Já as micro-ondas, de 2.450 MHz, alcançam somente 1,7 cm. Por outro lado, em tecidos com baixo conteúdo de água, como ossos, esses valores atingem, respectivamente, a ordem de 159 cm, 17,7 cm e 11,2 cm (Okuno; Yoshimura, 2010).



Fonte: UFRGS, 2024.

Figura 2 – Distintas ações de diversos tipos de partículas e de radiação eletromagnética no corpo humano.

Outro fator relevante a ser analisado é a transparência do tecido na faixa de radiofrequência, a qual diminui mediante o aumento da frequência da onda eletromagnética. Na faixa entre 100 kHz e 1 GHz, a interação da radiação com o tecido gera o seu aquecimento (Okuno; Yoshimura, 2010).

Em frequências superiores, como na faixa da radiação infravermelha (IV) e da luz visível, tem-se que a primeira também ocasiona aquecimento em decorrência do aumento da atividade rotacional de moléculas, sendo mais fortemente absorvidas do que as micro-ondas pelo corpo, podendo a máxima penetração na pele chegar a 5 mm para os Raios Infravermelhos A (IVA). Em relação à luz visível na região do vermelho, de 700 nm, a profundidade de penetração chega a 3 mm (Okuno; Yoshimura, 2010).

Na frequência da radiação ultravioleta (UV), sua penetração na pele é muito menor do que a IV ou a luz visível, diminuindo com a concomitante redução da energia do fóton. Nos olhos, a radiação ultravioleta C (UVC) tem toda a sua energia direcionada para a córnea, o que diverge para o caso da ultravioleta B (UVB), de 300 nm, onde 92% da energia é depositada na córnea, 6% no humor aquoso e 2% no cristalino. Por sua vez, a radiação ultravioleta A (UVA), de 340 nm, tem a seguinte distribuição: 37% da energia na córnea, 14% no humor aquoso, 48% no cristalino e 1% no humor vítreo. O ser humano não é capaz de enxergar a radiação UV pelo simples motivo de que esta não atinge sua retina (Okuno; Yoshimura, 2010).

Finalmente, no que se refere aos Raios X e Gama, cujos fótons possuem energia superior a 12 elétrons-volt, observa-se novo aumento da penetração, já que podem atravessar o corpo (Okuno; Yoshimura, 2010).

O aumento contínuo no número de casos de diagnósticos de câncer e de alergias crônicas pode estar relacionado à radiação eletromagnética, seja como instrumento de trabalho ou fonte de energia, havendo impacto ainda em modificações no meio ambiente (Ribeiro; Pessoa, 2007). Os raios UV são o principal fator de risco de carcinomas cutâneos, que correspondem a cerca de 25% das lesões malignas registradas no Brasil, conforme estudos do Instituto Nacional do Câncer (INCa) (Sgardi; Carmo; Rosa, 2007).

EDUCAÇÃO CTSA

A agregação da referida abordagem à construção desta proposta provém da necessidade de concatenação de diferentes, porém necessárias, ideias nela presentes (Oliveira; Travain, 2019). No tocante à Ciência, prevê-se o emprego da Física, da Química, da Biologia e da História como enfoque da fundamentação teórica para a compreensão dos fenômenos envolvidos. Contudo, não há empecilhos a que se lance mão dessa estratégia também em outras disciplinas.

No campo da Tecnologia, pode-se aproveitar o grande envolvimento dos jovens de hoje com os *smartphones*, de forma que o auxílio de aplicativos ou simuladores destes torne-se uma peça lúdica importante no processo, despertando a curiosidade e o interesse dos estudantes (Pimenta; Lopes, 2018).

Em relação ao aspecto da Sociedade, há que se ter uma preocupação holística, voltada à melhoria da vida de todos. É necessário, ainda, que se leve ao aluno uma contextualização histórica da radiação eletromagnética, não havendo como se dispensar a menção ao desfecho da Segunda Guerra Mundial, cujos efeitos predominantes, além das gigantescas explosões, foram a liberação de radiação térmica, Raios X e Gama, ceifando centenas de milhares de vidas e impactando sobremaneira a construção, ou reconstrução, das sociedades a partir dali (Okuno, 2018). Com esses tristes fatos, desenvolveu-se uma verdadeira corrida armamentista, havendo um constante temor

acerca da possibilidade de nova utilização desses artefatos, inclusive em recentes conflitos, como Rússia-Ucrânia e Israel *versus* outras nações do Oriente Médio.

Já no que se refere ao Ambiente, sua incorporação a esta elaboração ocorre muito em decorrência das mudanças climáticas, em diversas vezes provocadas pelo uso indiscriminado das radiações eletromagnéticas, que também são um tipo de energia, com implicações que estão no topo de qualquer discussão, na atualidade (Ribeiro; Pessoa, 2007).

METODOLOGIA

Nesta sequência didática, propõe-se que seja realizada uma investigação de hipóteses através de uma abordagem qualitativa com propósito exploratório, para que os pesquisadores compreendam o contexto dos participantes (Elias; Zoppo; Gilz, 2020; Sousa; Santos, 2020). Além disso, a ideia é que as aulas sejam desenvolvidas, como regra geral, em Três Momentos Pedagógicos, permeados pelas fases de embasamento científico; cotejamento com outras áreas do conhecimento, a fim de se promover a interdisciplinaridade e para melhor assimilação dos conteúdos; culminando com atividades práticas e/ou debates relativos ao que foi ministrado anteriormente (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2018). Isso tudo, porém, sem que se abra mão da Aprendizagem Significativa em todas as etapas realizadas.

Ficará a cargo do docente decidir acerca do quantitativo de alunos, sejam estes do 1º, 2º ou 3º anos do Ensino Médio, que comporão a amostra de dados, sugerindo-se um mínimo de duas turmas ou quarenta educandos, para efeito comparativo, submetendo-os a questionários de cunho diagnóstico e de resultados, com inspiração na Teoria da Aprendizagem Significativa, cujas indagações objetivas podem ser criadas conforme a Escala Likert.

Por fim, recomenda-se a condução deste estudo em turmas de disciplinas eletivas do Ensino Médio, no âmbito da política governamental educacional brasileira atualmente vigente, havendo maior liberdade para o professor na elaboração e condução do respectivo currículo.

Sequência didática elaborada

Zabala (1998) elenca a sequência didática como elemento facilitador e intermediador do processo de ensino e aprendizagem. Apresenta-se, então, como finalidade maior deste trabalho, a seguinte sequência composta por seis aulas e fundamentada nos referenciais teóricos acima trazidos, além da essência das ideias da Abordagem CTSA:

Quadro 1 – Sequência didática

AULA 1		AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	DURAÇÃO
		Aplicação de Avaliação Diagnóstica, como previsto na Aprendizagem Significativa, a fim de se averiguar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação a conceitos básicos de radiação eletromagnética e de sua interação com o corpo humano, visando à realização da coleta de subsunçores e à introdução dos fundamentos da Educação CTSA.	50 minutos
AULA 2		RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA	DURAÇÃO
Etapas		Exposição dialogada trazendo o conceito de radiação eletromagnética, sua descoberta e os cientistas envolvidos, com atuação prioritária no campo da Física, fomentando o levantamento de mais subsunçores e fortalecimento de conhecimentos prévios.	25 minutos
		Exposição interativa dos principais tipos de radiação eletromagnética, concatenando-os com a realidade dos discentes e promovendo os componentes Sociedade e Ambiente, da abordagem CTSA.	15 minutos
		Realização do experimento “simulação de onda eletromagnética”, conforme descrito abaixo, e discussão de seus resultados, propiciando a assimilação de conteúdos, tal como preconizado por Ausubel (2002), por meio de ideias mais inclusivas já existentes na estrutura cognitiva e no cotidiano dos discentes.	10 minutos

MATERIAIS DE APOIO		
Experimento: “Simulação de onda eletromagnética”: utilização do aplicativo Geogebra para a produção de uma onda eletromagnética e posterior observação de seu movimento.		
Aplicativo: “Geogebra”, disponível em https://www.geogebra.org/classic?lang=pt_PT .		
Texto: “Ondas eletromagnéticas”, disponível em https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm .		
Vídeos: “01/09 – 3ª série EM – Física – Radiação Eletromagnética”, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=oMyJQufxQLE ; “Física – Ondas e luz: ondas e espectro eletromagnético”, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=coVfbENnzlM .		
Livro: “Física das Radiações”, de Emico Okuno e Elisabeth Yoshimura, publicado em 2010, pela editora Oficina de Textos.		
AULA 3	RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E O CORPO HUMANO	DURAÇÃO
Etapas	Apresentação de efeitos nocivos das radiações eletromagnéticas, tais como o desenvolvimento de alguns tipos de câncer, alergias e danos à visão humana, sendo proporcionada a interdisciplinaridade no tocante à Biologia.	20 minutos
	Estudo das principais reações químicas resultantes da interação de radiações com o corpo humano, fomentando-se o debate no âmbito da Química. Possibilita-se, assim, que os novos conteúdos possam interagir de maneira não literal com a estrutura cognitiva dos discentes.	20 minutos
	Realização do experimento “visualização de radiação infravermelha”, salientando as características desta radiação e seus possíveis efeitos no corpo humano.	10 minutos
MATERIAIS DE APOIO		
Experimento: “Visualização de radiação infravermelha”: utilização da câmera de um smartphone apontada para a parte superior de um controle remoto, enquanto um botão deste é pressionado.		

Livro: “Radiação: efeitos, riscos e benefícios”, de Emico Okuno, publicado em 2018, pela editora Oficina de Textos.		
AULA 4	A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL	DURAÇÃO
Etapas	Exposição dialogada tratando sobre a radiação eletromagnética na Segunda Guerra Mundial, agregando, agora, a participação de mais uma disciplina: a História.	30 minutos
	Construção de perspectivas das radiações eletromagnéticas frente à realidade geopolítica e aos conflitos que se desencadeiam atualmente. Com esse momento e o anterior, promove-se a premissa Sociedade.	10 minutos
	Discussão acerca dos aspectos tecnológicos das radiações eletromagnéticas nos armamentos bélicos, bem como das implicações éticas e morais de tais utilizações em uma guerra.	10 minutos
Texto: “Bomba atômica”, disponível em https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/bomba-atmica.htm .		
Vídeo: “A radioatividade e as bombas nucleares”, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=F932Muu4zVY .		
Filme: “Oppenheimer”, disponível em https://www.primevideo.com/-/pt/detail/Oppenheimer/0TQ0HYSFFKAO9W3UUIOMSTPUJ7 .		
AULA 5	A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO MUNDO ATUAL	DURAÇÃO
Etapas	Exposição dialogada tratando sobre a presença da radiação eletromagnética na sociedade de hoje, seus benefícios e malefícios, assim como alguns trabalhos significativos na área, de modo que se torne clara a relação entre Ciência e Tecnologia, dois dos enfoques da Abordagem CTSA.	25 minutos
	Leitura do artigo “Os efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental”,	15 minutos

	em diferentes trechos, por distintos grupos de alunos, para posterior compartilhamento de impressões.	
	Debate sobre todo o contexto estudado, bem como reflexão acerca do uso racional e sustentável da tecnologia, agora trazendo-se desdobramentos relativos à Sociedade e ao Ambiente, tendo em vista que a emissão indiscriminada de radiações eletromagnéticas pode ameaçar a vida na Terra.	10 minutos
Artigo: “Os efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental”, de autoria de Edson Leite Ribeiro e Martha Bulcão Pessoa, publicado na Revista Tecnologia e Sociedade, em 2007, disponível em https://www.redalyc.org/pdf/4966/496650324002.pdf .		
Vídeo: “Ondas eletromagnéticas no nosso cotidiano”, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=mdTT0uPivbI .		
Livro: “Radiação: efeitos, riscos e benefícios”, de Emico Okuno, publicado em 2018, pela editora Oficina de Textos.		
AULA 6	AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA E ELABORAÇÃO DE MAPAS MENTAIS	DURAÇÃO
Etapas	Elaboração, pelos estudantes, de mapas mentais para a fixação do aprendizado e apropriação deste para aplicação em suas respectivas comunidades, fim colimado pela Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018).	20 minutos
	Aplicação de Pós-Teste, contendo espaço para relatos individuais, para ser objetivamente aferido o grau de compreensão dos alunos em decorrência dos conteúdos apresentados, como nas lições de Ausubel (2002).	30 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHO

Como visto, a produção deste material traz uma proposta de sequência didática, mas sem exigência de se ter nenhum tipo de engessamento em sua condução, podendo ser

objeto de uma releitura, acrescentando-se, por exemplo, aulas prévias que contenham o conceito e a evolução dos Modelos Atômicos.

Teoria e prática devem caminhar juntas na geração de futuros cidadãos comprometidos com as melhorias de que a humanidade precisa, como o desenvolvimento científico e tecnológico aliado a práticas ambientais sustentáveis e cuidados com a saúde. Nesse contexto, a Educação CTSA abre espaço para que se desenvolvam aulas em todos esses aspectos. Faz-se aqui, ainda, um apelo a que se tenha maior discussão envolvendo temas de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica, visto que isso representa o “agora”, as últimas novidades do universo científico, o que certamente agregará em qualidade do ensino e interesse em aprender por parte dos estudantes.

Nota-se, por conseguinte, o alcance do objetivo geral definido na introdução, uma vez que se demonstra a viabilidade de se ensinar Física Moderna e Contemporânea através de todo o material sugerido, alavancando a participação destes assuntos no currículo escolar brasileiro.

A sequência didática aventada abrange os principais pontos do que foi estudado. Tem-se construída uma estratégia de avaliação que retrata mais fielmente o nível de aprendizado de uma turma após o conteúdo ministrado e se traz, aqui, linhas gerais para facilitar o trabalho do professor e a aprendizagem dos alunos, devendo-se enxergar esta produção como um alicerce sobre o qual os docentes possam agregar aquilo que entenderem ser pertinente, adaptando-a às mais diversas realidades.

Finalmente, pretende-se realizar a futura aplicação desta proposta em sala de aula, bem como elaborar um produto educacional ou recurso pedagógico relacionado, a fim de se comprovar a efetividade do método empregado, para que a ideia aqui contida possa ser replicada, disseminando-se as boas práticas educativas.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio da FUNCAP, através dos editais 04/2022 (FUNCAP BOLSAS DE PRODUTIVIDADE E INTERIORIZAÇÃO) e 07/2023 (FUNCAP PRÓ-HUMANIDADES), processos BP5-0197-00117.01.00/22 e PRH-0212-00123.01.00/23, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David Paul. **Adquisición y Retención del Conocimiento**: una perspectiva cognitiva. Barcelona: Paidós, 2002. p. 25-48.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. 5. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2018. 288 p.
- ELIAS, Ana Paula de Andrade Janz; ZOPPO, Beatriz Maria; GILZ, Claudino. CONCEPÇÕES DOCENTES QUANTO AOS PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. **Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade**, [S. L.], v. 29, n. 57, p. 29–44, 2020. DOI: 10.21879/faeeba2358-0194.2020.v29.n57.p29-44. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/faeeba/article/view/8285>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**: ótica e física moderna (volume 4). 12. ed. São Paulo: Ltc, 2023. 448 p.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro-Rj: Ltc, 2021. 230 p.
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (Volume 2). 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 375 p.
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica**: Eletromagnetismo (Volume 3). 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 295 p.
- OKUNO, Emico. **Radiação**: efeitos, riscos e benefícios. Oficina de Textos, 2018. 144 p.
- OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 296 p.
- OLIVEIRA, Máira Caroline Defendi; ASSIS, Alice; TRAVAIN, Silmar Antonio. Doenças Negligenciadas: proposta de uma sequência didática pautada no enfoque CTS. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 332-348, 19 dez. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i4.11115>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338069155_Doencas_Negligenciadas_proposta_de_uma_sequencia_didatica_pautada_no_enfoque_CTS. Acesso em: 22 ago. 2024.
- PIMENTA, Cintia Cerqueira Cunha; LOPES, Priscila Almeida. O uso do celular em sala de aula como ferramenta pedagógica: Benefícios e desafios: benefícios e desafios. **Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica**, Recife, v. 3, n. 1, p. 52-66, 14 abr. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/cadernoscap/article/view/229430>. Acesso em: 28 set. 2024.

RIBEIRO, Edson Leite; PESSOA, Martha Bulcão. Os efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental. **Revista tecnologia e sociedade**, v. 3, n. 5, p. 15-31, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4966/496650324002.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2024.

SGARDI, Flávia Celina; CARMO, Eliane Dias do; ROSA, Luiz Fernando Blumer. Radiação ultravioleta e carcinogênese. **Revista de Ciências Médicas**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 245-250, 31 dez. 2007. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/cienciasmedicas/article/view/1050>. Acesso em: 28 set. 2024.

SILVA, Ana Suellen Gomes da; CARVALHO, Hercília Alves Pereira de; PHILIPPSEN, Gisele Strieder. Ensino de Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta didática para o estudo da evolução do modelo atômico. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 392-408, 13 ago. 2022. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n3.12823>. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12823>. Acesso em: 03 jun. 2024.

SOUSA, José Raul de; SANTOS, Simone Cabral Marinho dos. Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1396-1416, 31 dez. 2020. Universidade Federal de Juiz de Fora. <http://dx.doi.org/10.34019/2237-9444.2020.v10.31559>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31559>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.