

ENSINO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO IONIZANTE E O DECLÍNIO POPULACIONAL DE ABELHAS:

**uma proposta de produto educacional com práticas
interdisciplinares¹**

TEACHING NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION AND THE POPULATION DECLINE OF BEES:

a proposal for an educational product with interdisciplinary practices

Crisilândia de Nava da Silvaⁱ

Carmen Wobetoⁱⁱ

RESUMO: Alguns estudos apontaram efeitos deletérios da radiação não ionizante sobre as abelhas, os principais polinizadores da natureza. Neste estudo indagou-se sobre: Como desenvolver estratégias didáticas para sensibilização deste problema ambiental? Portanto, objetivou-se desenvolver um produto educacional no ensino das radiações não ionizante associadas ao declínio populacional das abelhas. Foram realizadas revisão bibliográfica, transposição didática e desenvolvimento de um material de apoio pedagógico (MAP) em modalidade remota no ensino médio. Identificou-se ausência de material educacional interdisciplinar sobre os efeitos das radiações não ionizantes em abelhas. Verificou-se que a estratégia interdisciplinar e contextualizada contribuiu para a sensibilização ambiental dos estudantes.

Palavras-chave: Ensino de ciências, Tecnologia e sociedade. Educação ambiental.

ABSTRACT: Some studies have shown that non-ionizing radiation is harmful to bees, nature's main pollinators. In this study we asked: How to develop teaching strategies to raise awareness of this environmental problem? Therefore, our objective was to create an educational product to teach non-

¹ Este texto é um recorte da dissertação do primeiro autor.

ionizing radiation associated with the bee population decline. A bibliographical review, didactic transposition, and development of a pedagogical support material (PSM) were conducted in remote teaching in high school. A lack of interdisciplinary educational material on the effects of non-ionizing radiation on bees was identified. The interdisciplinary and contextualized strategies contributed to environmental awareness among students.

Keywords: Science teaching, Technology and society. Environmental education.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rosa e Rosa (2012) a maneira como os objetos de conhecimentos da disciplina de Física é apresentada aos estudantes, em algumas escolas brasileiras, tem contribuído para um ensino baseado na memorização de nomenclaturas, na transmissão de conceitos, em resolução de atividades descontextualizadas e sem ligação com aspectos da realidade dos alunos.

Compreende-se a relevância da adoção de novas concepções de educação, neste caso específico, no ensino de Física, com o intuito de contribuir para a inserção de uma proposta curricular eficaz que considere a necessidade de metodologias renovadoras, superando o modelo tradicional do processo de ensino e de aprendizagem de tal disciplina (Fernandes; Prestes, 2021).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o espaço escolar precisa promover reflexões sobre a aplicação da Ciência e da Tecnologia por meio da abordagem de situações-problemas, para que o aluno possa avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas, como as de informação e comunicação (Brasil, 2018).

Salienta-se que o aumento do número de redes de telecomunicações e de linhas de energia de alta tensão de energia elétrica, tem contribuído para o aumento da produção de radiação eletromagnética não ionizante nas áreas circundantes e conseqüentemente tem provocado mudanças expressivas no meio ambiente, oferecendo riscos para a sobrevivência das abelhas, as quais desempenham o serviço ecossistêmico da polinização que é crucial para a manutenção das florestas e também para a produção de alimentos (Taye *et al.*, 2017, Shepherd *et al.*, 2018, Odemer; Odemer, 2019, Erdoğan; Cengiz, 2019).

Vislumbra-se a necessidade de um ensino de Física que tenha significado na vida do estudante perante os avanços tecnológicos no contexto social atual. Ou seja, almeja-se uma Física com compreensão, com entendimento, relacionada a situações reais do dia a dia e correlacionado com outras áreas do conhecimento. Portanto, este estudo almeja investigar: Como desenvolver estratégias didáticas para a sensibilização do problema atual do aumento da emissão de radiações não-ionizantes e seus efeitos sobre as abelhas?

O desenvolvimento desta contextualização no ensino emerge da discussão sobre o uso das tecnológicas e seus efeitos ambientais, o que remete para a formação crítica de cidadãos aptos a se

posicionarem frente aos aspectos positivos e negativos dos avanços tecnológicos, na perspectiva do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA (Auler; Bazzo, 2001).

Portanto, o objetivo deste estudo foi explorar as contribuições da interdisciplinaridade, enquanto estratégia metodológica no processo de ensino e aprendizagem, para agregar conceitos da física e da biologia, por meio do desenvolvimento de um Material de Apoio Pedagógico (MAP) que versa sobre a temática “radiações eletromagnéticas não ionizantes associada ao declínio populacional das abelhas”.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A interdisciplinaridade no Ensino de Física

No campo educacional, o conceito interdisciplinaridade tem sido discutido há mais de 5 décadas e desde seu surgimento tem exercido influência em diversos documentos oficiais da educação nacional.

Dentre os documentos estão a BNCC (Brasil, 2018), as Orientações Curriculares do Ensino Médio – OCNEM (Brasil, 2006), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (Brasil, 2002), os quais apresentam a interdisciplinaridade como uma ação prática preponderante para a renovação dos currículos estritamente disciplinares.

De acordo com o PCN (Brasil, 2000) a interdisciplinaridade é uma estratégia metodológica que está voltada em possibilitar a resolução de situação-problema ou a compreensão de um referido fenômeno sob diferentes perspectivas, por meio de uma conexão entre os saberes de disciplinas distintas. Assim, propõe uma integração dos conhecimentos para que o contexto total adquira significado.

A interdisciplinaridade não implica em conhecimentos isolados das diferentes disciplinas que compõem a grade curricular, mas em considerar que cada uma delas apresenta conceitos fundamentais para a construção da aprendizagem, portanto pressupõem o diálogo e a interação entre elas (Fazenda, 2011).

Contudo, os professores não estão sendo formados dentro da perspectiva da interdisciplinaridade (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007), uma vez que “o rito das cabeças deformadas pelo acúmulo de conteúdos ainda impera” (Fazenda, 2011, p. 20), o que dificulta a efetivação da prática interdisciplinar no campo da educação.

Na pesquisa desenvolvida por Sestari, Garcia e Santarosa (2021), as autoras destacam que a falta de compreensão acerca do significado da perspectiva interdisciplinar e de como ela pode ser desenvolvida são apontadas como os principais obstáculos a serem superados.

Portanto, é relevante promover práticas que favoreçam a integração dos conhecimentos, mediante as diferentes óticas disciplinares, pois enquanto professores, é importante ter entendimento que “cada disciplina nos oferece uma imagem particular da realidade, isto é, daquela parte que entra

no ângulo de seu objetivo” (Santomé, 1998, p. 55), e assim, pode-se ocultar partes da realidade apresentada.

Desse modo, os pressupostos da perspectiva interdisciplinar na área da educação surgem como uma possibilidade para a ruptura do modelo tradicional, propiciando a interação dos conhecimentos, dos conceitos, da metodologia, bem como a inserção de problemas sociais no contexto educacional do estudante. (Fazenda, 2011).

2.2 Relevância da abordagem CTSA no ensino de Ciências.

Até meados do século XIX, a Ciência e a Tecnologia eram consideradas neutras e suficientes para solucionar os problemas sociopolíticos e ambientais. No entanto, em virtude das consequências negativas geradas pelos resultados dos avanços científico-tecnológicos, ambas passaram a não ser mais vistas como salvacionistas da humanidade (Auler; Bazzo, 2001).

Nessa conjuntura, a sociedade começou a perceber que o “desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social” (Auler, 2002, p. 24). Posterior à Segunda Guerra Mundial, constatou-se a necessidade premente de discutir as implicações do contexto científico-tecnológico no meio social.

Assim, inúmeros países industrializados, percebendo a necessidade de desenvolver uma alfabetização científica e tecnológica que formasse o cidadão para lidar com questões relacionadas a essas áreas, incorporaram os pressupostos do enfoque CTS em seus currículos escolares (Santos; Mortimer, 2000).

A constante preocupação com a sustentabilidade e a necessidade de debater os efeitos da tecnologia no ambiente contribuíram para a inserção implícita da questão ambiental no movimento CTS. Em função disto vários pesquisadores tem optado pelo uso da sigla CTSA, com o intuito de enfatizar a perspectiva socioambiental (Santos, 2012).

O campo educacional constitui-se como o principal contexto de desenvolvimento da abordagem CTSA (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007), pois, dentre outras possibilidades, permite a renovação do currículo de Ciências, visando uma educação contextualizada e crítica acerca da Ciência e da Tecnologia relacionada ao contexto social.

Dessa forma, os elementos do mundo externo relacionados à Ciência e à Tecnologia não podem ser alheios à escola, ou seja, precisam adentrar no campo escolar, para que possa configurar-se como um espaço capaz de criar oportunidades para que o estudante compreenda as dimensões sociais e as aplicações tecnológicas e científicas em situações do seu próprio contexto (Santos; Mortimer, 2000).

A aprendizagem a partir desse enfoque demanda novas metodologias e formas de construção do conhecimento que contribuam para uma ruptura do sistema disciplinar, indo além da “mera repetição do ensino das leis que regem o fenômeno” faz-se necessária (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007, p. 7).

Inserir na formação do estudante conhecimentos científicos e tecnológicos que façam sentido no contexto real, ainda é um desafio para o professor. Nesse contexto, Silva *et al.* (2022^a) destacaram que a abordagem CTS no ensino de Física é preponderante para a inclusão de temas de caráter social que fazem parte do contexto de estudante.

Não existe apenas ciência pela ciência; por trás de “grandes promessas de avanços tecnológicos escondem-se lucros e interesses das classes dominantes” (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007, p. 72). Ou seja, é preciso considerar os efeitos do desenvolvimento científico-tecnológico sobre a natureza e o espaço modelado pelo homem.

Diante desse cenário, além do acesso aos produtos sociais e tecnológicos, consideramos relevante que o cidadão compreenda os possíveis riscos e os interesses envolvidos, o que implica na necessidade de introduzir no currículo escolar uma compreensão mais específica dos benefícios e malefícios resultante da relação ciência-tecnologia (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

2.3 Ensino da radiação não ionizante associada ao declínio das abelhas

O funcionamento de aparatos tecnológicos usados de forma trivial no cotidiano são exemplos da aplicação dos conhecimentos tecnológicos que proporcionam, dentre muitos benefícios, a praticidade na vida do homem moderno. O aparelho celular, por exemplo, é uma tecnologia utilizada globalmente por cerca de 78% da população acima de 10 anos de idade (ONU, 2023).

Entretanto, ao considerarmos apenas essa ótica, subentende-se que a tecnologia traz apenas benefícios para a humanidade, o que, de fato, não é verdade, pois o funcionamento de alguns aparelhos eletrônicos, como é o caso do celular e das estações de rádio base, envolvem a emissão de radiação eletromagnética, que de acordo com alguns estudos (Sharma; Kumar, 2010; Shepherd *et al.*, 2018; Zubrzak *et al.*, 2018; Odemer; Odemer, 2019) podem provocar possíveis malefícios à saúde das abelhas.

Destaca-se que embora esses estudos não sejam conclusivos quanto aos efeitos biológicos, quanto ao tempo de exposição e aos valores de campos eletromagnéticos, chamamos a atenção para a urgência do desenvolvimento de mais pesquisas a longo e a curto prazo para determinar os impactos ambientais provocados pela radiação não ionizante (Silva *et al.*, 2022a).

Importa destacar que os principais fatores apontados para explicar a redução da densidade populacional das abelhas são: a fragmentação de habitats (Vanbergen, 2013), a ação patogênica de vírus, bactérias, fungos e ácaros parasitas (Potts *et al.*, 2016) e os agrotóxicos (Silva *et al.*, 2014). Assim, a radiação eletromagnética não ionizante surge como um outro fator que afeta as abelhas, podendo levar também ao declínio das espécies.

No que concerne às radiações eletromagnéticas não ionizantes, estas são classificadas como: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível e ultravioleta. Tais radiações são uma forma de energia que, embora seja capaz de excitar os elétrons de um átomo, não possui energia suficiente para arrancá-los de suas órbitas, isto é, ionizar as moléculas com as quais interagem (OMS, 2002).

Cada radiação no espectro eletromagnético tem sua aplicação. As radiofrequências e as micro-ondas, são utilizadas, principalmente, em sistemas de telecomunicações sem fio, como transmissão de sinal de rádio e televisão, telefones móveis e suas estações rádio-base, *internet* e rádio comunicador (OMS, 2002).

A poluição eletromagnética é o “excesso de ondas eletromagnéticas emitidas por equipamentos eletroeletrônicos, que podem influenciar o comportamento celular do organismo humano, interferir no funcionamento de outros aparelhos elétricos e, mesmo, desorientar o voo de algumas aves” (Marques, 2015, p. 237-238).

Chamamos a atenção para a importância das abelhas, uma vez que desempenham um papel essencial na natureza em virtude de sua função no processo de polinização, um dos serviços ecossistêmicos fundamentais para a qualidade de vida e para as atividades econômicas da sociedade, dando suporte à vida na Biosfera. Na maioria dos ecossistemas mundiais, esses pequenos insetos são considerados os principais polinizadores (Klein *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2016).

A diversidade populacional de muitos polinizadores, em particular as abelhas, vêm apresentando declínio a níveis que podem interromper o serviço de polinização nos ecossistemas agrícolas e naturais, afetando a manutenção do processo reprodutivo das plantas e, conseqüentemente, a sobrevivência da fauna e da flora (Kremen, 2004).

Desse modo, pode-se destacar que a temática apresentada, isto é, radiação eletromagnética não ionizante articulada ao declínio das abelhas é relevante para o contexto contemporâneo e educacional no ensino de física, por tratar-se de uma problemática permeada de questões ambiental, social, tecnológica e ética.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO: UMA PROPOSTA DE MATERIAL DE APOIO PEDAGÓGICO-MAP PARA O ENSINO DA RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE ASSOCIADO AO DECLÍNIO DAS ABELHAS

Neste tópico serão detalhadas as etapas realizadas para a construção do Produto Educacional (PE), o qual caracteriza-se como um MAP intitulado “**O declínio populacional de abelhas associado aos efeitos de radiação não ionizante: interdisciplinaridade por meio do enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente**”.

O material de apoio foi estruturado em 11 (onze) horas-aula e surgiu da necessidade de disponibilizar aos professores das disciplinas de Física e Biologia, um material de ensino que favorecesse a exploração da temática interdisciplinar em âmbito escolar.

O MAP é composto por uma Cartilha do Estudante, uma Sequência Didática para o professor e 2 vídeos educativos, e tem como público alvo estudantes do 3º ano Ensino Médio e professores de Física e Biologia. O material apresenta orientações e sugestões quanto a sua aplicação, e pode ser utilizado como apoio pedagógico.

3.1 Etapa 1 - Definição de tipo de produto e caminhos metodológicos

Na primeira etapa, buscou-se por trabalhos publicados no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES e no Google Acadêmico, no período de 2010 a 2020, que têm como foco a interdisciplinaridade no ensino da radiação eletromagnética não ionizante, no ensino de Física, adotando os termos “Interdisciplinaridade”, “Interdisciplinar”, “Ensino de Física” e “Radiação” no título, resumo e/ou palavras-chave, constatou-se, que o tema não vem sendo desenvolvido. Além disso, verificou-se uma ausência de trabalhos direcionados para a abordagem da temática na área de ensino.

Preocupados em elaborar um material que possibilitasse o desenvolvimento do tema, realizou-se uma nova busca no banco do Google Acadêmico e da PubMed, considerando as palavras-chave “radiação eletromagnética”, “telefone celular”, “declínio dos polinizadores” e “abelhas”, em língua portuguesa e suas correspondentes em língua inglesa, para mapear trabalhos nacionais e internacionais desenvolvidos no período de 2010 a 2020, que investigaram o declínio populacional das abelhas associado aos efeitos da radiação não ionizante.

A referida revisão bibliográfica, resultou em um artigo, publicado na Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA). Nesse trabalho, Silva *et al.*, (2022^a), destacaram que a radiação e seus efeitos sobre as abelhas não estão sendo explorado como temática interdisciplinar, o que comprovou a necessidade de desenvolver e aplicar um produto educacional para contextualizar o ensino da temática em aulas de Física e de Biologia.

Posteriormente, foram definidas a metodologia de ensino e a natureza do Produto Educacional a ser elaborado. Nesse caso, foi determinado o desenvolvimento de um Material de Apoio Pedagógico, composto por uma *Cartilha do Estudante*, uma *Sequência Didática (SD) do Professor* e dois vídeos educativos.

Segundo a definição da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), este tipo de Produto Educacional caracteriza-se como PTT1 — Material didático/instrucional.

TT1 – Material didático/instrucional: que são propostas de ensino, envolvendo sugestões de experimentos e outras atividades práticas, **seqüências didáticas**, propostas de intervenção, roteiros de oficinas; material textual, como manuais, guias, **textos de apoio**, artigos em revistas técnicas ou de divulgação, livros didáticos e paradidáticos, histórias em quadrinhos e similares, dicionários; mídias educacionais, como **vídeos**, simulações, animações, vídeo-aulas, experimentos virtuais e áudios; objetos de aprendizagem; ambientes de aprendizagem; páginas de internet e blogs; jogos educacionais de mesa ou virtuais, e afins; entre outros (BRASIL, 2020, p. 13, grifos da autora).

Na referida etapa, juntamente com a professora de Biologia da turma do 3º ano A - turma em que foi desenvolvida a intervenção, recorreremos a BNCC (BRASIL, 2018) e a PCN+ (BRASIL, 2002), para selecionar os objetos de conhecimentos, as habilidades e as competências a serem exploradas no

desenvolvimento do tema. também buscaram-se livros de Física, Biologia e Biofísica para fundamentar a construção do MAP.

Decidiu-se que o MAP seria destinado para a abordagem interdisciplinar de fenômenos biofísicos relacionado à unidade temática “Matéria e Radiação”, elencada nos PCN+ e na BNCC e teriam como público alvo estudantes e professores de Física e de Biologia do 3º ano do Ensino Médio.

3.2 Etapa 2 - Escrita do MAP

O processo da escrita do material de apoio, realizado na segunda etapa, iniciou-se a partir da transposição didática dos estudos científicos selecionados na etapa anterior, a qual foi fundamentado por Yves Chevallard (2013), e consiste em converter os saberes científicos em saberes escolares.

Nessa perspectiva, o conhecimento científico sofre mudanças adaptativas sendo transformado e organizado na forma de conteúdos escolares para proporcionar uma melhor assimilação por parte do aluno (Chevallard, 2013). Desse modo, tais artigos sofreram um processo de conversão do saber sábio, aquele produzido a partir da pesquisa acadêmica, em saber ensinado, caracterizado por uma linguagem mais acessível, com novos elementos didáticos.

Para tal, levou-se em consideração as regras que conduzem a transformação dos saberes, conforme cita Alves Filho (2000, p.178) baseado em Chevallard e Johsua (1992):

- 1) Modernizar o saber escolar.
- 2) Atualizar o saber a ensinar.
- 3) Articular o saber “velho” com o “saber novo”.
- 4) Transformar um saber em exercícios e problemas.
- 5) Tornar um conceito mais compreensível.

Nos textos presentes na Cartilha do Estudante, buscou-se promover um diálogo entre os conhecimentos de Física e Biologia, explorando os conceitos de ambas as disciplinas, os avanços tecnológicos e os possíveis efeitos biológicos nas abelhas devido à exposição de radiação não ionizante advindas de aparatos tecnológicos, como o celular, suas estações de rádio-base, as linhas de transmissão de alta tensão.

Ainda no processo de elaboração do material, buscou-se fundamentação na metodologia de ensino proposta por Delizoicov e Angotti (1992; 1994), Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), conhecida como Três Momentos Pedagógicos e considerou-se também os pressupostos do enfoque CTSA e da interdisciplinaridade.

3.3 Etapa 3 - Produção dos vídeos didáticos

A finalidade da produção dos vídeos educativos foi potencializar as discussões realizadas em alguns textos dispostos na Cartilha do estudante e contribuir para a assimilação da temática trabalhada, explorando os recursos visuais. Salienta-se que os vídeos estão disponíveis na plataforma do *YouTube*².

Para os textos denominados: Possíveis efeitos da radiação eletromagnética não ionizante advinda de aparatos tecnológicos nas abelhas, produziu-se o vídeo intitulado “Possíveis efeitos de Campos Eletromagnéticos nas abelhas”³; e, para o texto: Abelhas X polinização, elaborou-se o vídeo “Abelhas nativas”³.

3.4 Etapa 3 - Apresentação do Produto Educacional

O MAP elaborado no âmbito da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática (PPGECM), ofertado pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *campus* Sinop, foi denominado “O declínio das abelhas associado aos efeitos de radiação não ionizante: interdisciplinaridade por meio do enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente”⁴, conforme figura 1 abaixo.

Figura 1 – Recortes da Sequência Didática



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

²<https://www.youtube.com/watch?v=ma77S0d0GNY&list=PLaOHnaKBFGMZDvhB43VZKkqy7rvJwdQhW>.

³https://www.youtube.com/watch?v=c8B_IMBglU&list=PLaOHnaKBFGMZDvhB43VZKkqy7rvJwdQhW&index=2.

⁴ <https://www.ufmt.br/curso/ppgecm/pagina/ano-2022/8598>

A Sequência Didática estruturada em 11 (onze) horas-aula tem como público alvo professores de Física e Biologia do 3º ano do Ensino Médio. A princípio apresentam-se as habilidades, objetivos, objetos de conhecimentos e forma de avaliação para cada aula, considerando sempre que possível, os três momentos pedagógicos.

Tal material também apresenta orientações e sugestões quanto às ações e o desenvolvimento do material do estudante. Vale esclarecer que, com algumas adaptações, a Sequência Didática poderá ser aplicada em outros anos do Ensino Médio.

Desse modo, a Sequência Didática é um recurso que visa auxiliar o professor na abordagem de um tema inovador, e promover aulas dialógicas, contextualizadas e problematizadoras, possibilitando a aprendizagem de conceitos científicos presentes no cotidiano, afim de possibilitar a alfabetização científica.

No tocante a cartilha do estudante, salienta-se que esta é composta por atividades e textos de apoio, fundamentados em livros de Física, Biologia, Biofísica e na transposição didática dos seguintes artigos científicos listados no Quadro 1, que têm como foco a investigação das radiações eletromagnéticas não ionizantes sobre as abelhas.

Quadro 1 – Base de dados e os respectivos trabalhos

Base de Dados	Pesquisas selecionadas		
	Autores	Título	Ano
Google acadêmico	Erdoğan, Y.; Cengiz, M. M.	Effect of Electromagnetic Field (EMF) and Electric Field (EF) on Some Behavior of Honeybees (<i>Apis mellifera</i> L.)	2019
	Patel, S.; Mall, P.	Effect of electromagnetic radiations on the foraging activity of <i>Apis mellifera</i> L.	2019
	Taye, R. R. et al.	Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, <i>Apis cerana</i> F. (Hymenoptera: Apidae)	2017
	Wyszkowska, J.; Grodzicki, P.; Szczygieł, M.	Electromagnetic fields and colony collapse disorder of the honeybee	2019
	Zubrzak, B. et al.	Thermal and acoustic changes in bee colony due to exposure to microwave electromagnetic field-preliminary research	2018
Periódicos CAPES	Odemer, R.; Odemer, F.	Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMF) on honey bee queen development and mating success	2019
PubMed	Shepherd, S. et al.	Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields impair the Cognitive and Motor Abilities of Honey Bees.	2018

Fonte: SILVA *et al.*, 2022a.

No referido material, dispõem-se os 5 (cinco) textos didáticos elaborados para a exploração da temática. Os quais foram estruturados da seguinte maneira:

- Radiações eletromagnéticas no cotidiano;
- Poluição eletromagnética;
- Ondas eletromagnéticas e suas propriedades;
- O Espectro Eletromagnético e as radiações de RF e Micro-ondas;
- Possíveis efeitos da radiação eletromagnética não ionizante advinda de aparatos tecnológicos nas abelhas.

A estrutura dos textos foi organizada sob a perspectiva da dinâmica de ensino dos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). Logo, cada texto oportuniza o desenvolvimento da problematização do conhecimento, da organização conhecimento e da aplicação do conhecimento.

Embora o material apresente alguns conceitos básicos relativos à temática, vale ressaltar que o professor pode buscar outros conteúdos em outras fontes, tendo em vista que a referida produção se trata de um material de apoio.

4. VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A validação do MAP envolveu a avaliação por banca mista de professores da universidade e da educação básica e seu desenvolvimento na escola básica, no 3º ano do ensino médio.

O processo de validação do MAP é importante, pois é um momento que permite à comunidade científica, fazer contribuições relevantes que podem potencializar o material produzido. Desse modo, após finalizado a construção do MAP, o mesmo foi submetido a um processo de avaliação em pares, cuja banca avaliadora era composta por professores da educação básica e professores doutores da academia.

A avaliação ocorreu em formato de seminário, com a apresentação, audiência dos pares discentes do PPGECEM, e questionamentos feitos pelos integrantes da banca os quais foram respondidas durante a apresentação, o produto educacional foi validado como um material de apoio apto e com potencial para a temática.

Na ocasião, os membros avaliadores que compunham a banca evidenciaram a relevância do tema para os estudantes na sociedade contemporânea, bem como a estrutura lógica do material e a possibilidade de utilização do mesmo em outras séries, com a realização de alguns ajustes.

Após sua avaliação, o MAP foi desenvolvido em uma turma de 3º ano da Escola Estadual Papa João Paulo II, situada em Itaúba-MT. Contudo, a aplicação do MAP em sala de aula ocorreu durante o ensino remoto, devido a pandemia da Coronavirus Disease 2019 (COVID-19).

Observou-se na sondagem inicial que os estudantes não apresentavam conhecimentos preliminares sobre os riscos da radiação eletromagnética na sobrevivência das abelhas, eles desconheciam a temática, assim como a professora de Biologia, isto é, não relacionavam a radiação com efeito nas abelhas. Verificou-se, ainda, que 50% dos estudantes não relacionaram o conceito de radiação com aparatos tecnológicos, indicando uma necessidade de abordar esses conceitos associados

ao uso cotidiano de tecnologias, inclusive de aparelhos celulares, além de relacioná-los com os possíveis efeitos sobre as abelhas.

Na análise realizada na avaliação final dos estudantes, nas gravações de aulas e no diário de campo da professora pesquisadora, foi possível observar a construção de conceitos relacionados aos possíveis efeitos biológicos nas abelhas causados pelas radiações, as aplicações da radiação não ionizante em tecnologias, o aprimoramento de conceitos físicos e a ampliação da visão sobre a importância das abelhas para a humanidade.

Verificou-se que as ações realizadas nas aulas síncronas foram relevantes para fomentar a discussão com o foco interdisciplinar acerca da temática e que as situações didáticas desenvolvidas em sala de aula virtual contribuíram para a reflexão, a participação dos estudantes, os quais expuseram suas ideias e buscaram informações relacionadas à temática, o que são indícios da construção de conhecimentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a pesquisa tenha sido desenvolvida com um recorte restrito de estudantes e em uma situação atípica, isto é, durante a pandemia, considera-se que a aplicação foi satisfatória em muitos aspectos. Dentre eles, nas aulas síncronas, os estudantes apresentaram-se participativos e entusiasmados com a temática, o que contribuiu para a realização de discussões, evidenciando que eles exerceram protagonismo ao expor suas opiniões, tornando as aulas dinâmicas e produtivas.

No tocante aos conhecimentos explorados, os indícios indicam que a interdisciplinaridade contribuiu para a aprendizagem, favorecendo aos estudantes a compreensão de questões sociais e ambientais envolvidas na poluição eletromagnética e propiciou a construção de uma visão crítica e reflexiva acerca de situações-problemas discutidas nas aulas.

Contudo, na efetivação dessa prática interdisciplinar enfrentam-se algumas dificuldades, uma vez que o professor pesquisador necessita romper as fronteiras da disciplina de formação e buscar a integração de conhecimentos diversos, o que se caracterizou como um momento rico, porém, desafiador. Cabe a nós, professores, renovar a prática docente e adotar metodologias contextualizadas que favoreçam o processo de ensino e de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de Professores de Ciências**. Orientador: Demétrio Delizoicov Neto. 2002. 257 f. Tese. (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1 p. 1-13, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100001>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno brasileiro de ensino de Física**, v. 17, n. 2, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9006/13274>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Ministério da Educação. **Ficha de Avaliação -Programas Acadêmicos e Profissionais**. Área 46: Ensino. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/FICHA_ENSINO.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Parte III. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- CHEVALLARD, Y. Sobre a teoria da transposição didática: algumas considerações introdutórias. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 3, n. 2, 2013. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/viewFile/2338/1111>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. 364 p.

- ERDOĞAN, Y.; CENGİZ, M. M. Effect of Electromagnetic Field (EMF) and Electric Field (EF) on Some Behavior of Honeybees (*Apis mellifera* L.). **bioRxiv**, [s.l.], p.1-18, 2019. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2019/04/13/608182.full.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- FAZENDA, I. C. A. (org.). **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. 6. ed. São Paulo: Loyola, 2011. 173 p.
- FERNANDES, F. C. R.; PRESTES, A. contextualização e interdisciplinaridade: revisando conceitos e aplicações no ensino de física e ciências. **Revista Univap**, v. 27, n. 55, 2021. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2623/1691>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- KLEIN, A. M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspb.2006.3721>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- KREMEN, C. Pollination services and community composition: does it depend on diversity, abundance, biomass or species traits. *In*: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. P. (org.). **Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2004. 285 p.
- MARQUES, J. R. Os danos causados ao meio ambiente por poluição sonora, eletromagnética, visual e luminosa: reparação, sanções penais e administrativas. **De jure: revista jurídica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais**, v. 14, n. 25, p. 215-294, 2015. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_boletim/bibli_bol_2006/DeJure_n.25.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.
- ODEMER, R.; ODEMER, F. Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMF) on honey bee queen development and mating success. **Science of The Total Environment**, v. 661, [s.l.], p. 553-562, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328071201_Effects_of_radiofrequency_electromagnetic_radiation_RF-EMF_on_honey_bee_queen_development_and_mating_success. Acesso em: 15 fev. 2022.
- Organização Mundial da Saúde - OMS. **Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos eletromagnéticos**. 2002. Disponível em: https://www.arpapr.org.br/tecnica/files/eletromagnetismo/Risk_Portuguese_exposicao_cp_magneticos.pdf. Acesso em: 12 fev. 2024.
- Organização das Nações Unidas – ONU. Mais de três quartos da população mundial possuem um telefone celular. **ONU News**, 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/12/1825432>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S97k6qQ6QxbyfyGZ5KysNqs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- POTTS, S. G. *et al.* Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, [s.i.], v. 540, n. 7632, p. 1-10, nov. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311093062_Safeguarding_pollinators_and_their_values_to_human_well-being. Acesso em: 15 fev. 2022.

- SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade**: o currículo integrado. Porto Alegre: Artmed, 1998. 2002. 275 p.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129518326002>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: revista de educação em ciências e matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1647>. Acesso em: 12 abr. 2023.
- SESTARI, F. B.; GARCIA, I. K.; SANTAROSA, M. C. P. Ações interdisciplinares no ensino de Física: pressupostos teóricos e revisão da literatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 883-913, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/67750/47045>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- SHARMA, V. P.; KUMAR, N. R. Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. **Current Science**, [s. l.], v. 98, n. 10, p. 1376-1378, 2010. Disponível em: <https://www.currentscience.ac.in/Volumes/98/10/1376.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- SHEPHERD, S. *et al.* Extremely low frequency electromagnetic fields impair the cognitive and motor abilities of honey bees. **Scientific reports**, [s. l.], v. 8, n. 7932, p. 1-9, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-26185-y>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- SILVA, F. O. *et al.* **Agrotóxicos e polinizadores**: isso combina? Rio de Janeiro: Funbio, 2014. 28 p.
- SILVA, C. N., FIESTEL, R. A.B; WOBETO, C.; PINHEIRO, J. R. Interdisciplinaridade e Educação Ambiental: um olhar sobre o declínio das abelhas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 1, p. 211-228, 2022a. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12667/9356>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- SILVA, C. N.; WOBETO, C.; PINHEIRO, J. R. Declínio das abelhas associado aos efeitos da radiação não ionizante: interdisciplinaridade por meio do enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente / Crisilândia de Nave da Silva / Cuiabá - **Fundação UNISELVA**, 2022b. (séries Produto Acadêmico- MT Ciência). Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/743591>. Acesso em: 06 abr. 2024.
- TAYE, R. R. *et al.* Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F. (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 3, p. 1527-1529, 2017. Disponível em: <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue3/PartU/5-3-142-590.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- VANBERGEN, A. J. Initiative, the Insect Pollinators. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 5, p. 251-259, 2013.
- ZUBRZAK, B. *et al.* Thermal and acoustic changes in bee colony due to exposure microwave electromagnetic field—preliminary research. **Przegląd Elektrotechniczny**, [s. l.], v. 94, p. 262-265, 2018. Disponível em: <http://pe.org.pl/articles/2018/12/60.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2022.

Recebido em: 21 de fevereiro de 2024.

Aprovado em: 2 de abril de 2024.

Link/DOI: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rep/article/view/12240>

ⁱ **Crisilândia de Nave da Silva.** Possui Graduação em Física (Licenciatura) pela Faculdade de Formação de Professores de Araripina- PE (FAFOPA), mestrado em Ensino de Ciências da Natureza pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Atua como professora de Física na rede estadual de educação do estado do Mato Grosso na escola Papa João Paulo II desde 2015. Itaúba, Mato Grosso, Brasil.

Curriculum Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1301974742595335>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1574-071X>

E-mail: crisilandiasilva@gmail.com

ⁱⁱ **Carmen Wobeto.** Possui graduação em Química pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), pós-doutorado em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Atualmente é professora associada da UFMT – Campus de Sinop. Atua como docente titular no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática da UFMT, Campus de Sinop.

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7629112688399234>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8645-5203>

E-mail: carmen.wobeto@ufmt.br