

RADIAÇÕES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS: ELABORANDO QUESTÕES PROBLEMA A SEREM INVESTIGADAS

**Rafaela Choqueti Camargo de Meira¹, Neilo Marcos Trindade², André Coelho da
Silva³**

¹ Instituto Federal de São Paulo, campus Itapetininga, Curso de Licenciatura em Física,
c.choqueti@aluno.ifsp.edu.br

² Instituto de Física da Universidade de São Paulo, neilotrindade@usp.br.edu.br

³ Instituto Federal de São Paulo, campus Itapetininga, andrecoelho@ifsp.edu.br

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1990, diversos pesquisadores da área de Ensino de Física têm destacado a pertinência de inserir tópicos da chamada Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio. Entre os trabalhos que inauguram essa discussão no Brasil podemos citar Terrazan, (1992), Valadares e Moreira (1998), Ostermann e Cavalcanti (1999) e Pinto e Zanetic (1999). Entre as justificativas para essa defesa destacamos as de que a abordagem da FMC possibilita o acesso às ideias científicas revolucionárias e aos fundamentos da tecnologia atual, contribuindo para a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão no mundo contemporâneo (Pena, 2006). Esses estudos convergem, assim, para a necessidade de atualizar o currículo de Física, considerando o avanço do conhecimento científico e a relevância social das temáticas abordadas pela FMC.

Entre os tópicos da FMC, encontra-se o tema radiações, foco deste trabalho. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – Brasil (2018), documento normativo mais recente para o Ensino Básico, há indicação que esse assunto seja abordado em diferentes etapas, especialmente no Ensino Médio, destacando seus aspectos físicos, tecnológicos e biológico. Como enfatizado por Silva (2019), essa indicação já se fazia presente em diretrizes legais anteriores, como nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) – Brasil (2002). Nesse documento, lê-se:

O cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia. Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. (Brasil, 2002, p. 101).

Apesar desse consenso na literatura e da presença da FMC nas normativas legais brasileiras, diversos estudos apontam que, na realidade escolar, sua inserção ainda é tímida. Esse cenário também tem sido corroborado pelos contatos estabelecidos com escolas do Ensino Básico

por meio de estágios supervisionados, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) etc.

Entre os motivos que explicam a dificuldade de inserção da FMC no Ensino, destacam-se: o fato de que boa parte da FMC foi desenvolvida em linguagem matemática avançada, o que dificulta a transposição/recontextualização desses conteúdos para o Ensino Básico (Porto; Porto, 2008); o desconforto dos professores de Física em relação à abordagem desses assuntos, especialmente por falhas em seus processos de formação (Monteiro; Nardi; Bastos Filho, 2009); e a escassez de materiais e de tempo para tratar de tantos conteúdos previstos para serem ensinados (Oliveira; Vianna; Gerbassi, 2007).

Em específico, debruçamo-nos aqui sobre o problema da escassez de materiais didáticos focados em tópicos de FMC para o Ensino Básico. E, especialmente, sobre a escassez de materiais que abordem tais tópicos com metodologias diferenciadas das “tradicionais”. Nesse sentido, entre as possibilidades metodológicas inovadoras, destacamos o Ensino por Investigação, pois, além da construção do conhecimento de forma mais autônoma e crítica por parte dos estudantes, ela possibilitaria, entre outros: o aprimoramento de seus raciocínios e habilidades cognitivas; o desenvolvimento de habilidades relativas à argumentação e ao trabalho em grupo; e a compreensão de aspectos da natureza da ciência (Zômpero; Laburú, 2011).

Conforme Munford e Lima (2007), a proposta do Ensino por Investigação é aproximar práticas associadas à aprendizagem de práticas desenvolvidas pelos cientistas, propondo aos estudantes situações-problema que demandam levantamento de hipóteses, planejamento, busca de evidências, discussão e validação coletiva de conclusões. Carvalho (2018, p. 767) destaca a importância da elaboração do problema no Ensino por Investigação, pois “é o problema proposto que irá desencadear o raciocínio dos alunos”. Ainda segundo a autora, um bom problema possibilita que os estudantes expliquem os fenômenos associados a ele, determinem variáveis envolvidas a partir das hipóteses levantadas, lancem hipóteses formadas por concepções alternativas recorrentes sobre os assuntos envolvidos e relacionem a aprendizagem construída ao mundo em que vivem e a outras componentes curriculares.

Assumindo, então, a relevância da formulação do problema no âmbito do Ensino por Investigação, o objetivo deste trabalho é elaborar questões problema que possam ser investigadas por estudantes do Ensino Básico no contexto de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre radiações e seus efeitos biológicos, contribuindo assim para a ampliação de propostas didáticas inovadoras na área de Ensino de Física.

METODOLOGIA

Para elaborar possíveis questões que poderiam compor uma SEI sobre radiações e seus efeitos biológicos, optamos por realizar entrevistas a fim de levantar concepções de pessoas em geral sobre as radiações e os riscos a elas associados. A ideia foi relacionar as questões elaboradas para a SEI a concepções alternativas frequentes sobre o assunto e ao mundo contemporâneo, seguindo, assim, as indicações de Carvalho (2018) sobre as características de um bom problema.

As perguntas feitas nas entrevistas foram: 1) O que você acha que é radiação? 2) Você acha que há riscos à saúde ao nos expormos à radiação? Por que você acha que sim ou que não? E se achar que sim, quais seriam os riscos? 3) Você já fez um exame de raios X? O que você acha que são raios X? 4) As respostas que você deu aqui foram baseadas em conhecimentos que você adquiriu em que momento da sua vida e com base em quais fontes?

O único critério para a escolha dos participantes foi o de que eles não tivessem nenhuma formação em Física, seja completa ou incompleta. A participação dos entrevistados foi voluntária, com as entrevistas sendo gravadas em áudio com a permissão deles. Comprometemo-nos também a não divulgar em momento algum suas identidades reais e a não alterar de forma alguma suas respostas.

Após a realização de todas as entrevistas, analisamos as respostas obtidas e as agrupamos em categorias quando julgamos possível identificar similaridades. Em consonância com os cuidados éticos tomados durante toda a pesquisa, quando da transcrição de algumas falas, não efetuamos nenhum tipo de correção linguística e utilizamos nomes fictícios para identificar os seus autores. Na seção seguinte, apresentamos as análises realizadas e as questões problema elaboradas para a SEI sobre radiações e seus efeitos biológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, realizamos entrevistas com dez pessoas.

Quanto às concepções delas sobre radiação (Pergunta 1), ilustramos a seguir algumas das respostas obtidas:

“É um tipo de onda que mexe com a estrutura dos átomos”. Daniel

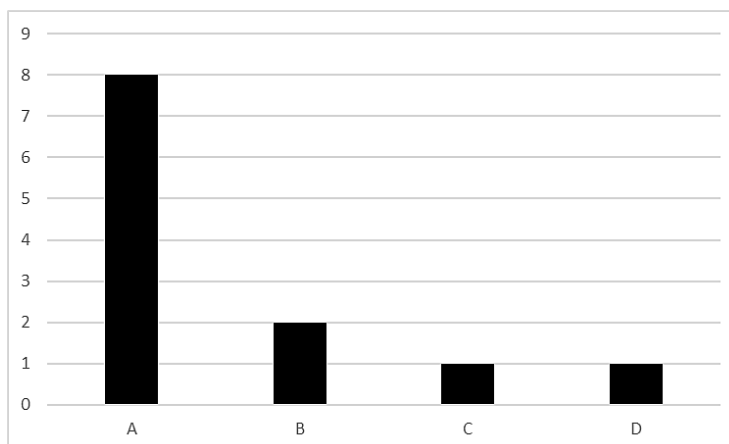
“Partículas que são emitidos de um elemento... sim, é muito técnico, né.” Eduardo.

“É energia... é energia que... acho que é energia, a princípio que a gente não consegue enxergar diretamente. Eu sei que ela se propaga em ondas eletromagnéticas. Mas... eu acho que é isso.”. Francisco

O total de respostas foi agrupado em quatro categorias: A) Radiação como energia, como onda e/ou partícula; B) Radiação como algo perigoso/prejudicial/invisível; C) Radiação como elementos radioativos; D) Radiação como junção de elementos químicos. No gráfico da Figura 1, a

seguir, indicamos quantas respostas foram alocadas em cada categoria. Há que se observar que nessa pergunta cada entrevistado podia mencionar aspectos relacionados a mais de uma categoria. Por isso a soma das indicações supera dez:

Figura 1. Quantidade de respostas alocadas em cada categoria na Pergunta 1



Fonte: Elaborado pelos autores

Portanto, em linhas gerais, a concepção dos entrevistados sobre radiação sinaliza para uma energia que se propaga, principalmente, na forma de ondas. Concepções que relacionam radiação a algo prejudicial e ao fenômeno da radioatividade também merecem destaque por terem sido relativamente frequentes.

Quanto aos riscos associados à exposição à radiação (Pergunta 2), transcrevemos, a seguir, três das respostas obtidas:

“Ah, sim. É muito perigoso porque... expor à radiação pode mais no futuro dar um câncer, alguma anomalia nas pessoas. E também porque é perigoso né. O pessoal lá que trabalha com aquele colete lá pra tirar raio X, tanto é que eles aposentam mais cedo até, por causa de muita exposição à radiação.” Augusta

“Eu acho que sim, porque a exposição prolongada vai acabar atrapalhando, vai acabar gerando enfermidades. Mas no geral só exposição prolongada.” Daniel.

“Não sei. Dependendo do tipo de radiação é cancerígena.” Guilherme

Cinco dos dez entrevistados responderam de forma generalizante afirmando que há sim riscos de se expor à radiação. Já os outros cinco responderam que depende. Os riscos indicados foram: desenvolvimento de câncer, alteração/dano ao DNA/células e morte. Já aqueles que sinalizaram que a exposição à radiação pode ou não ser prejudicial justificaram a resposta afirmando que o resultado da exposição depende dos níveis e/ou do tempo de exposição.

Quanto às concepções sobre raios X (Pergunta 3), transcrevemos, a seguir, três das respostas obtidas:

“Eu já fiz. Não lembro, faz muito tempo que eu não faço exame de raio X. Mas pra mim é uma superluz, tá ligado? De um jeito que é lançado que emite radiação, que é o ponto de captar matérias sólidas do meio do seu corpo, que seria os ossos... tipo, o pessoal faz pra moeda, pra essas coisas assim.”. Benício

“Já. Eu acho que são ondas iguais, são radiações em geral que refletem nos ossos e acabam gerando a chapa né, que eles falam.”. Daniel.

“Fiz um exame e eu não sei muito bem como funciona. Mas eu sei que é pra parte óssea, que consegue ver nossa dimensão.” Heitor

Todos os dez entrevistados disseram que já haviam realizado exames de radiografia (o popular “exame de raio X”). Quando questionados a explicarem o que são os raios X, oito deles indicaram que se trata de ondas/partículas/raios/radiação/luz. Um não soube responder e outro afirmou que se trata de uma mistura de dois elementos químicos.

Quanto às fontes de informação sobre o assunto (Pergunta 4), transcrevemos, a seguir, três das respostas obtidas:

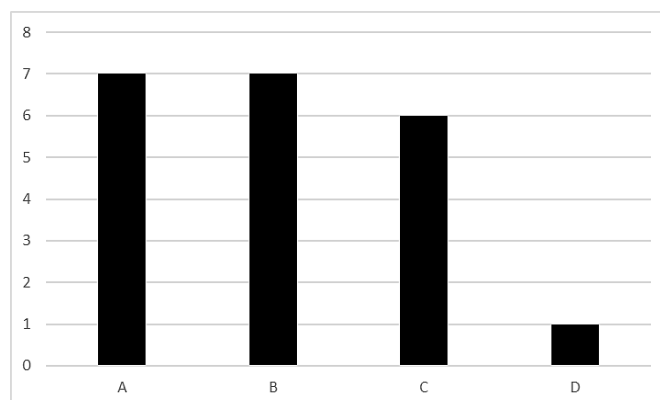
“Durante a vida. E lendo também... livro. Assistindo documentário. Que eu tenho 62 anos, então o que eu estudei de Física, lembro muito pouco.”. Augusta

“Não sei. Ao longo da vida. Documentário. É... Discovery Channel. É... Chernobyl. É isso... Hiroshima, Nagasaki.”. Guilherme.

“Acredito que majoritariamente ali na escola, no Ensino Médio. E um pouco também em filmes, séries, de ficção científica. Acho que é um pouco baseado nisso.” Iago

As respostas obtidas foram agrupadas em quatro categorias: A) Informações adquiridas na TV, documentários, séries, filmes e/ou internet; B) Informações adquiridas na escola/faculdade/cursos; C) Informações adquiridas ao longo da vida, em conversas ou em situações vivenciadas; D) Informações adquiridas pela leitura de livros. No gráfico da Figura 2, a seguir, indicamos quantas respostas foram alocadas em cada categoria. Aqui, assim como na pergunta 1, cada entrevistado podia mencionar aspectos relacionados a mais de uma categoria. Por isso a soma das indicações supera dez:

Figura 2. Quantidade de respostas alocadas em cada categoria na Pergunta 4



Fonte: Elaborado pelos autores

Em síntese, as análises indicam que os entrevistados – assumidos aqui como uma amostra razoavelmente representativa do público em geral – possuem conhecimentos superficiais sobre as radiações e seus efeitos biológicos. Embora possuam noções sobre o que é uma radiação e sobre os riscos associados, trata-se de concepções baseadas principalmente no senso comum. Há lacunas importantes quanto à distinção entre radiações ionizantes e não ionizantes, ao mecanismo pelo qual as radiações ionizantes podem provocar alterações biológicas, às diferenças entre radiação, raios X e radioatividade, bem como aos fatores que determinam os riscos decorrentes da exposição. Além disso, as principais fontes de informação mencionadas foram meios de comunicação e experiências cotidianas, em detrimento de conhecimentos científicos sistematizados no contexto escolar.

Portanto, existe a necessidade de desenvolver propostas didáticas que favoreçam a problematização dessas concepções e promovam a construção de explicações cientificamente fundamentadas. Nesse sentido, vislumbra-se a elaboração de uma SEI estruturada a partir de situações-problema relacionadas ao cotidiano dos estudantes, especialmente ao uso das radiações na medicina e aos riscos frequentemente associados à realização de exames de raios X. Os dados obtidos nas entrevistas indicam que esse contexto possui potencial para mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes e favorecer a formulação de hipóteses, a argumentação, a análise de evidências e a construção coletiva de explicações, características centrais do ensino por investigação.

Desta forma, como ponto de partida para essa SEI, propõe-se uma questão central: *Se a radiação pode causar câncer, por que exames de raios X continuam sendo utilizados e são considerados seguros em grande parte das situações?*

A partir dessa questão investigativa central, outras questões podem orientar a elaboração da investigação:

1. O que caracteriza uma radiação e quais diferenças existem entre radiações ionizantes e radiações não ionizantes?
2. O que determina se a exposição a uma radiação representa ou não um risco para o corpo humano?
3. De que forma os raios X interagem com os tecidos presentes no corpo humano e de que maneira essa interação pode causar efeitos biológicos?
4. Quais medidas tornam o uso dos raios X seguro na medicina e em quais situações cuidados adicionais são necessários?

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das entrevistas realizadas fundamentaram a elaboração das questões problema apresentadas. A proposta é a de que elas sejam usadas para desencadear um processo investigativo a ser conduzido por estudantes do Ensino Básico com a medição de um ou alguns professores no contexto de uma sequência de ensino sobre radiações e seus efeitos biológicos. Vale notar que essas questões de forma alguma esgotam as possibilidades. Ou seja: outras diversas questões podem ser propostas e até mesmo podem surgir no decorrer do processo investigativo. Nesse sentido, a expectativa para a continuidade deste trabalho é finalizar a elaboração da referida sequência de ensino, aplicando-a em turmas do Ensino Médio e analisando os resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio concedido na forma de financiamento de projeto – processos 2025/02262-0 e 2025/14192-6.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FIHO, J. B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. *In*: Nardi, R. (Org.) **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 145-159.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007.

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

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 267-286, 1999.

PENA, F. L. A. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 1-2, 2006.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1603-8, 2008.

SILVA, A. C. Um questionário conceitual sobre radiações: processo de elaboração e análise dos distratores. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 14, n. 1, p. 63-79, 2019.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.