

Análise dos documentos norteadores do ensino de ciências sobre radiações eletromagnéticas

Analysis of the guiding documents for science teaching on electromagnetic radiation

Edileuza Santos Pires¹
Maria Rosangela Soares²

Resumo

Este artigo apresenta o estado da arte sobre como o tema radiações é abordado no Ensino Fundamental II (EF II), objetivando verificar como os documentos norteadores da educação básica (LDB, PCN e BNCC) abordam o assunto das radiações eletromagnéticas no ensino de ciências (EC) nessa etapa educacional, conforme sugeriu a Agência Internacional de Energia Atômica, na conferência *Bonn Call-for-Action*. O desenvolvimento do artigo seguiu as etapas de metodologia sistemática: revisar sistematicamente, identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos primários relacionados à temática da pesquisa (ROEVER, 2017). Os dados obtidos revelaram que houve avanços significativos relacionados ao tema das radiações, quando analisado o que orientavam os PCN e o que hoje orienta a BNCC. Verificou-se que o tema foi inserido na BNCC, porém de forma velada, e não há uma interligação entre as unidades temáticas e os objetos de conhecimento. Conclui-se que os documentos norteadores do EF II, no que diz respeito às radiações eletromagnéticas, não contempla ações que visam estimular alunos/as a obter conhecimentos básicos sobre radiação.

Palavras chave: documentos norteadores; ensino de ciências; radiação.

Abstract

This article presents the state of the art on how the topic of radiation is approached in Elementary School II (EF II), aiming to verify how the guiding documents of basic education (LDB, PCN and BNCC) approach the subject of electromagnetic radiation in science teaching in this educational stage, as suggested by the International Atomic Energy Agency (IAEA) at the Bonn Call-for-Action Conference. Its development followed the steps of systematic methodology: systematically reviewing, identifying, selecting and critically evaluating primary studies related to the research topic (ROEVER, 2017). The obtained data revealed that there were significant advances related to the issue of radiation, when analyzing what guided the PCN and what, today, guides the BNCC. It has been verified that the theme was inserted in the BNCC, but in a veiled way, and there is no interconnection between the thematic units and the objects of knowledge. We conclude that the EF II guiding documents, with regard to electromagnetic radiation, do not include actions that aim to encourage students to obtain basic knowledge about radiation, as suggested by the IAEA.

Keywords: guiding documents; science teaching; radiation.

¹ Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) | edileuzapires@gmail.com

² Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) | mrs@unir.br

Introdução

Este trabalho tem por objetivo analisar de que forma os documentos norteadores do sistema educacional brasileiro apresentam a temática das radiações no Ensino de Ciências (EC) do Ensino Fundamental II (EF II) no país. Para tanto, buscaram-se elementos que forneçam evidências de como acontece a introdução do tema 'radiações' na disciplina de Ciências, no nono ano do EF II, bem como verificar se há um paralelo com o que sugere a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), no sentido de que toda sociedade precisa saber sobre o assunto.

O desenvolvimento deste estudo seguiu as etapas de uma revisão sistemática, visando identificar, selecionar e avaliar criticamente estudos primários relacionados ao tema da pesquisa (ROEVER, 2017). São elas: I. *triagem do material* – executou-se uma busca, seguida de uma precisa leitura, com a finalidade de encontrar e definir os elementos e subsídios referentes à pesquisa; II. *leitura exploratória* – conexa à leitura de triagem, teve a finalidade de conferir se os documentos e informações selecionados concordam com tema do estudo; *leitura seletiva* – momento caracterizado pela avaliação dos referenciais e identificação de quais dados eram relevantes aos objetivos desta pesquisa.

Esta análise foi realizada em alguns documentos norteadores da educação básica, que dão subsídios aos conteúdos de Ciências da Natureza. Os documentos analisados foram: Lei 9394/96, de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (BRASIL, 1996); Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1998); e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). Analisou-se, ainda, se o Ensino de Ciências (EC) converge com o que sugere a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), com base no documento *Bonn Call-for-Action* (IAEA, 2012).

A estrutura deste trabalho inicia com uma revisão da literatura, onde são apresentados: o conceito de radiação; a relação entre ciência, educação e sociedade; a Conferência de Bonn: chamada para ação e suas ações passivas ao EC; a organização do EC conforme os documentos norteadores da educação: LDB; PCN e BNCC. Ao longo de todo o texto, discutem-se pontos entendidos como importantes a serem apresentados e avaliados para alcançar o objetivo proposto. Por fim, são tecidas as considerações finais, considerando-se os resultados encontrados neste estudo.

Revisão da literatura

Definição de radiação

Radiação é a energia emitida e transferida no espaço (BUSHONG, 2010). Também pode ser definida como propagação de energia em forma de ondas eletromagnéticas, as quais obedecem a variações no espaço e tempo (ATALÃO, 2010). Radiação é um fenômeno natural existente desde a formação do universo, bem como do planeta Terra (SILVA; PEREIRA, 2011). A partir dessas definições, compreende-se que radiação é um tipo de luz. Propagando-se no vácuo, por um campo elétrico e outro campo magnético, simultaneamente, a radiação eletromagnética possui cargas elétricas e massa.

Quanto à carga, as radiações são definidas como carregadas, que apresentam carga elétrica (radiações beta, alfa, prótons) e neutras, sem carga elétrica (eletromagnéticas e nêutrons). Em relação à massa, elas são corpusculares, contém massa (radiação alfa, beta,

prótons, nêutrons) e radiações eletromagnéticas (BUSHONG, 2010). Neste estudo, será enfatizado a respeito das radiações eletromagnéticas ionizante e não ionizante.

Ao analisar o tipo, a radiação é classificada em ionizante e não ionizante. As radiações ionizantes têm energia suficiente para ionizar (remover elétrons) os átomos e moléculas de uma célula (SILVA *et al.*, 2019). Como não têm massa, elas têm um alto poder de penetração na matéria biológica, podendo provocar a quebra da molécula de Ácido Desoxirribonucleico (DNA), causando a morte celular ou aumentando a probabilidade de provocar mutações celulares, que podem resultar em câncer, queimaduras ou até mesmo alterações genéticas (CARVALHO; OLIVEIRA, 2017). Já as radiações não-ionizantes, diferentemente das ionizantes, não têm energia suficiente para arrancar os elétrons dos átomos e moléculas (SILVA *et al.*, 2019). Os raios ultravioletas, a luz visível, o infravermelho, as micro-ondas, as ondas de rádio e frequências muito baixas compreendem, junto a outras, as radiações não-ionizantes. Ambas as radiações (ionizantes e não-ionizantes) fazem parte do espectro eletromagnético.

No espectro eletromagnético (Figura 1), da esquerda para direita, as ondas depois das ultravioletas são consideradas radiações ionizantes. Estas englobam, entre outras, os raios-X e os raios- γ .

Figura 1 - Imagem do espectro eletromagnético: distribuição organizada de comprimentos presentes no campo eletromagnético



Fonte: Helerbrock. <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>.

Todos nós estamos expostos às radiações ionizantes, seja por fontes radioativas naturais ou artificiais criadas em equipamentos elétricos que as emitem apenas enquanto estão ligados. Esta segunda tem como principal emissor equipamentos de raios-X, usados quando realizamos exames radiológicos médicos ou odontológicos ou tratamentos radioterápicos (OKUNO, 2013). Os raios-X representam a principal fonte de radiação artificial à qual a humanidade se expõe. Essa exposição pode ser medida e quantificada em unidades de medidas usadas pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), como o *Becquerel*, o *Gray* e o *Sievert*.

Além dos perigos e malefícios que podem ser causados pela radiação ionizante, é necessário destacar haver inúmeros benefícios, principalmente nos ramos da indústria e da medicina. No entanto, é preciso conhecê-la e usá-la com prudência e responsabilidade,

para reduzir a exposição desnecessária e nociva aos seres humanos (BUSHONG, 2010). Nesse sentido, um dos caminhos importantes para levar informações seguras a toda a sociedade é por meio das instituições de ensino, ou seja, pela educação.

Diante do contexto da sociedade moderna, o EC tem como desafio garantir a todos os cidadãos e cidadãs o acesso à informação científica em todos os níveis de ensino (DELIZOICOV *et al.*, 2009). Nesta perspectiva, avalia-se que a informação e a formação científica dos/as alunos/as são processos que carecem ser iniciados no começo de sua vida escolar (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2011).

É através do EC que a escola consegue dar ênfase para a formação dos/as alunos/as no entendimento das habilidades de leitura e escrita, do aprendizado dos conceitos básicos das ciências naturais, da compreensão dos fenômenos naturais, bem como das relações entre ciência e a sociedade na totalidade (DELIZOICOV *et al.*, 2009). Esse aspecto contribui para que crianças e jovens se sintam parte da sociedade e possam ser mediadores/as de novos conhecimentos.

Portanto, é importante que o EC para o EF apresente, de forma clara, a temática das radiações, fornecendo conhecimento do que são, de onde vêm, qual sua utilização e relação dos riscos com os benefícios (REGO; PERALTA, 2006, SILVA; PEREIRA, 2011).

Ciência *versus* educação *versus* sociedade

Os documentos norteadores da educação no Brasil, como a Constituição Federal de 1988 e a LDB/96, definem que a educação deve preparar o indivíduo a ser cidadão/ã atuante na sociedade em que vive, preparando-o para o exercício da cidadania, garantindo, ainda, qualificação para o trabalho (BRASIL, 1988; BRASIL, 1996). A educação, em sua origem, objetivos e funções, é um elemento social, análogo ao contexto político, econômico, científico e cultural de uma determinada sociedade (DIAS; PINTO, 2019). Para Santos (2019), a educação é um evento contínuo na história de todas as sociedades contemporâneas, embora não seja a mesma em todas as épocas nem em todas as regiões. Nela se encontra anexa a ideia de vida do indivíduo e de sociedade, que visa sua ascensão a partir do processo educativo. Nesse sentido, Saviani (1991, p. 55) assegura que:

O estudo das raízes históricas da educação contemporânea nos mostra a estreita relação entre a mesma e a consciência que o homem tem de si mesmo, consciência esta que se modifica de época para época, de lugar para lugar, de acordo com um modelo ideal de homem e de sociedade.

Dessa forma, a educação é, conseqüentemente, um processo social que se emoldura numa certa visão de mundo, estabelecendo metas e objetivos a serem alcançados por atos e ações educativas em harmonia com as ideias predominantes em uma determinada sociedade. Por ser inerente à história da humanidade, presente em toda e qualquer sociedade, a educação não deve ser entendida de forma fracionada ou desconectada da realidade. Ela deve, portanto, ser entendida como *práxis* social. Outrossim, educação e sociedade se interligam, visto que a educação exerce intensa influência nas mudanças ocorridas nas sociedades.

Nesse sentido, a ciência surge para resolver problemas da sociedade (LEITE; GRADELA, 2017). Porém, o EC carece de ter novos significados, os/as alunos/as precisam ter e expressar ideias próprias, reconhecer e compreender o mundo, bem como entendê-lo com conhecimentos e linguagem mais formal do que àquela que se utiliza no cotidiano (DRIVER

et al., 1999). A ciência deve ser reconhecida no cotidiano dos/as alunos/as; só então serão capazes de se reconhecerem como agentes ativos da sociedade, capazes de interferir e modificá-la. Logo, aprender ciências é fator primordial para a formação cidadã de todos/as (KRASILCHIK, 2008), visto que é uma ferramenta essencial para apresentar e levar a compreensão da existência de diversos fenômenos ocorridos no cotidiano da sociedade (BRASIL, 2006). Esse cotidiano os/as leva a perceber a tecnologia por trás do uso da *internet*, em seu aparelho celular, ou o cuidado necessário em um exame de raios-X, em uma ida ao dentista.

Além dos documentos norteadores da educação apresentarem como desafio a ligação entre ensino e sociedade, em relação à temática radiação, a IAEA, em seus documentos, enfatiza a importância de difundir esse tema a toda a sociedade (IAEA, 2012). Nesse aspecto, destaca-se a *Conferência de Bonn: Chamada para a Ação*, que aconteceu na em 2012; o documento intitulado *Bonn Chamada para Ação* sugere que a ciência se aproxime da sociedade e promova ações para “aumentar a conscientização sobre os benefícios e os riscos da utilização da radiação entre profissionais de saúde, pacientes e público” (IAEA, 2012). Nessa Conferência, foi recomendado garantir a mínima exposição das pessoas à radiação ionizante em exames radiológicos, além de ser justificada por solicitação médica (SANTOS, 2019). A *Conferência de Bonn* desafia a sociedade a ser conhecedora da relação risco/benefício das radiações ionizantes. O EC, nesse sentido, tem papel fundamental em ajudar o/a aluno/a não só conhecer a radiação, como também entender suas diversas utilidades na sociedade moderna.

A ciência ensinada na escola precisa ter uma linguagem direta e clara, que leve ao entendimento dos fenômenos que ocorrem na natureza (KRUPCZAK; AIRES, 2018), como o fenômeno das radiações; é necessário assegurar sua importância para a humanidade, sem, contudo, desconsiderar os riscos que se tem em situação de exposição desnecessária. Portanto, é dever das instituições de ensino possibilitar ao indivíduo o conhecimento e estabelecer relações necessárias entre o conhecimento científico-escolar e o mundo, de modo a reduzir o distanciamento entre o que se sabe e o que se aprende na escola (VIGOTSKI, 1991).

Conferência de Bonn: *Call-for-Action* (Bonn: Chamada para a Ação)

A *Conferência de Bonn Call-for-Action* (Bonn: Chamada para a Ação), aconteceu na cidade de Bonn, na Alemanha, com o propósito específico de identificar e abordar questões relacionadas à proteção contra as radiações em medicina (IAEA, 2012). O evento foi patrocinado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), organizada e sediada pelo governo da Alemanha, por meio do Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear. Contou com a presença de 536 participantes e observadores de 77 países e 16 organizações (IAEA, 2012).

O Brasil esteve representado em Bonn, por ser signatário da IAEA, e participou da elaboração do documento apresentado no final da Conferência. Esse documento, que tem o mesmo nome da Conferência, *Bonn Call-for-Action*, destaca dez ações principais e suas respectivas subações, relacionadas e identificadas como “essenciais para o reforço da proteção radiológica em medicina ao longo da próxima década” (IAEA, 2012, p. 2), que encerrará em 2022. Dentre as ações, citam-se duas que podem se relacionar com o EC:

Ação 8: Fortalecer a cultura de segurança radiológica na área da saúde:

Subações: [...] Fomentar uma cooperação mais estreita em matéria de proteção radiológica entre as diferentes disciplinas que envolvem a aplicação das radiações em medicina, bem como entre as diferentes áreas dedicadas à proteção radiológica em geral, incluindo sociedades profissionais e associações de doentes; [...] Melhorar o intercâmbio de informações entre pares sobre proteção radiológica e questões relacionadas com a segurança, utilizando os avanços das tecnologias de informação.

Ação 9: Fomentar o melhor diálogo sobre o risco - benefício sobre o uso da radiação:

Subação: Aumentar a conscientização sobre os benefícios e os riscos da utilização da radiação entre profissionais de saúde, pacientes e público em geral (IAEA, 2012, p.10-11.).

Nas ações 8 e 9, com suas respectivas subações, a IAEA chama a atenção para a importância de uma abordagem holística de vários segmentos da sociedade (dentre eles os educadores), para intervir na mediação de conhecer as fontes, as utilidades, os riscos e benefícios das radiações, influenciando, assim, a Cultura de Proteção à Radiação (CPR). A IAEA atenta para os princípios básicos da ciência e para as responsabilidades em atuar na difusão dos conhecimentos científicos junto à sociedade (IAEA, 2012), usando a educação como via de ligação.

Muito embora a *Conferência de Bonn* tenha suas ações voltadas principalmente para a CPR, na medicina radiológica, é possível difundir-la para a população em geral através do EC. Ainda que a temática das radiações esteja presente nos documentos norteadores da educação básica do país (BRASIL, 2018) e mesmo com o crescimento do uso das radiações ionizantes nas mais diversas esferas da sociedade, a população em geral não tem conhecimento de suas aplicações, nem mesmo de seus riscos e benefícios.

Então, a escola precisa atuar com seu papel de levar ao aluno/a conhecimentos que se contextualizam ao seu cotidiano, colaborando para a melhoria da sua qualidade de vida (KRUPCZAK; AIRES, 2018). Agindo assim, além de cumprir seu papel, a escola também estará contribuindo para que a CPR esteja presente na sociedade, além de fazer cumprir a recomendação da OMS no que tange a difundir a proteção radiológica no país.

O ensino de ciência pela visão da LDB, dos PCN e da BNCC

A educação é um dos principais direitos constitucionais assegurados a qualquer cidadão brasileiro. Esse direito ficou ainda mais enfatizado após publicação da LDB, em 1996. Desde então, o sistema educacional brasileiro passa por sucessivas mudanças em todas as etapas do ensino básico e superior, no intuito de cumprir seus objetivos na era contemporânea e contribuir para que os alunos/as construam seus projetos de vida (KRUPCZAK; AIRES, 2018; VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2021).

A importância da educação no ensino básico e seu papel no conhecimento científico estão descritos na LDB, cujos artigos 32 e 35 citam os objetivos da educação no ensino fundamental e médio, respectivamente: uma educação que visa garantir a alunos/as de todas as escolas do país uma formação básica, com o preparo para o cotidiano social, ambiental, tecnológico, político e cultural (BRASIL, 1996). O que se observa na redação da LDB é que a escola deve ter o compromisso de preparar os alunos/as, oferecendo-lhes uma

educação que tenha condições de desenvolver uma formação mínima para o exercício da cidadania.

Nesse aspecto, a área de Ciências da Natureza, por um olhar articulado de múltiplos campos da ciência, necessita garantir aos/as alunos/as, acesso à diversidade de conhecimentos científicos lançados ao longo da história (KRUPCZAK; AIRES, 2018). Ainda necessita promover a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica (BRASIL, 2018).

No capítulo II, seção III, a LDB apresenta a organização do EF, mencionando os objetivos dessa etapa e de diversas disciplinas. No entanto, em momento algum relata como se dará o ensino da disciplina de ciências. Toda organização contribui para um sistema de ensino com formato de organização homogênea. Alguns autores criticam esse formato, visto que orienta um currículo que “impõe habilidades gerais a serem desenvolvidas por todos sem distinção de interação com o meio de origem” (PEREIRA, 2010, p. 27).

Ressalta-se que, nos PCN, os objetivos de Ciências Naturais no EF são idealizados para que o/a aluno/a adquira competências que permitam entender o mundo e agir como sujeito e como cidadão, empregando conhecimentos com fundamentos científicos e tecnológicos (BRASIL, 1998).

Com os PCN, surgiu a necessidade de reformular o EC, adequando-o às mudanças ocorridas na sociedade. A ciência não tem conhecimentos prontos e acabados, devido ao seu dinamismo: “Suas teorias estão sempre sujeitas a refutações e esse processo é influenciado pelo desenvolvimento tecnológico e pelo aparecimento de novos fatos” (MACHADO, 2010, p. 27). Logo, os PCN, para o ensino de Ciências Naturais no EF objetivam a formação de indivíduo crítico, com capacidade de associar conhecimentos científicos aos conhecimentos prévios adquiridos no seu dia-a-dia.

Em 2018, o Ministério da Educação (MEC) homologou a BNCC, enquanto “um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica” (BRASIL, 2018, p. 7). É um documento que orienta o que deve ser imprescindível durante as etapas de ensino de todos os/as alunos/as de escolas da educação básica no país e norteia os currículos educacionais de escolas públicas e privadas.

A BNCC traz uma organização hierárquica: I. Competências Gerais da BNCC; II. Competências Específicas de Área; III. Competências por Componente Curricular; IV. Unidades Temáticas (UT); V. Objetos de Conhecimento (OC); VI. Habilidades. Na hierarquia proposta, a BNCC sugere que as competências relacionadas em cada componente curricular sejam desenvolvidas adequadamente às habilidades. Logo, “as UT definem um arranjo dos OC - cada UT contempla uma gama maior ou menor de OC, assim como cada OC se relaciona a um número variável de habilidades” (BRASIL, 2018, p. 29).

Com a aprendizagem pautada na formação do/a aluno/a por meio de competências e habilidades, mantém-se na BNCC o que já constava nos PCN. O ensino visto pela ótica da aquisição de competências é considerado um retrocesso educacional, uma vez que visa associar o saber escolar com a formação para o trabalho, impondo, de modo exagerado, um aspecto prático aos saberes educacionais (MATTOS; AMESTOY; TOLENTINO-NETO, 2022). Ou seja, impõe-se uma educação voltada às políticas neoliberais, que visam à produção e à manutenção do dinheiro, por meio de um sistema de ensino tradicional (HYPOLITO, 2019). A ideia de currículo tradicional pode causar um efeito cascata, em que os

demais currículos construídos possam surgir para atender às demandas de um grupo específico (MATTOS; AMESTOY; TOLENTINO-NETO, 2022). Assim, a BNCC é um documento que não supre a demanda da educação brasileira (CUNHA; LOPES, 2017).

No EF, o EC requer situações que possibilitem aos/às alunos/as assimilar a natureza e seus fenômenos, bem como a inter-relação dos seres vivos com o meio, a relevância e o funcionamento das diversas tecnologias existentes para interceder nessas interações (MARCONDES, 2018).

As radiações nos PCN e na BNCC

Do ponto de vista teórico, a LDB de 1996 e os PCN, aprovados no ano seguinte, são dois documentos que deram luz para melhorar o EC no país (SILVA-BATISTA; MORAES, 2019). Os PCN orientam que os conteúdos devem ser ministrados de forma interdisciplinar, buscando preconizar a adequada inclusão por meio do tripé Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no currículo (BRASIL, 1998). Assim, os conteúdos apresentam-se organizados em quatro eixos temáticos: Terra e Universo; Vida e Ambiente; ser Humano e Saúde; Tecnologia e Sociedade.

Dentro dos quatro eixos temáticos constantes no PCNs de ciências do EF, não há conteúdos e objetivos voltados ao estudo das radiações. Esse conteúdo (radiação) fica restrito à disciplina de Física, no ensino médio, onde os PCNs+ afirmam ser indispensável aprender a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2006).

Nos conteúdos centrais definidos pelos PCN, é possível constatar que alguns fenômenos naturais, tais como as mudanças de estados físicos da água, os ciclos biogeoquímicos e a fotossíntese, por exemplo, são conteúdos que “foram selecionados como assuntos centrais para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes” (BRASIL, 1998). Curiosamente, esses fenômenos não ocorrem sem radiação em seu entorno, haja vista que a luz visível é radiação, como já mostrado na Figura 1. Na explanação dos eixos temáticos, os PCN de Ciências do EF ainda destacam que “compreender os fenômenos naturais articulados entre si e com a tecnologia confere à área de Ciências Naturais uma perspectiva interdisciplinar, pois abrange conhecimentos biológicos, físicos, químicos, sociais, culturais e tecnológicos” (BRASIL, 1998, p. 36).

Ocorre que a radiação é um fenômeno natural (SILVA; PEREIRA, 2011; CHAVES *et al*, 2020), que ocorre no planeta desde a sua formação, sendo esta inerente à vida e seus processos de evolução (BUSHONG, 2010). Porém, esse fenômeno é desprezado nos conteúdos centrais dos PCN, limitando que o/a aluno/a entenda de forma contextualizada os diversos fenômenos naturais que correm mediante ação da radiação.

Ao estudar o processo da fotossíntese, realizado para obtenção de energia pelos seres fotossintetizantes, por exemplo, alunos/as do 6º e 7º anos aprendem que o fenômeno resulta da incidência da luz, quando deveriam ser direcionados/as a entender a ação da radiação no processo, ou seja, entender que a radiação absorvida (nas células dos seres fotossintetizantes) transforma matéria inorgânica (H₂O e CO₂) em matéria orgânica, glicose (C₆H₁₂O₆). Esse processo é a base da cadeia alimentar de todos os seres vivos heterotróficos, seres que não sintetizam seu alimento, como os seres humanos e os demais animais (MOREIRA, 2015).

É necessário chamar a atenção, ainda, ao fato de os PCN não apresentarem as radiações como conteúdos centrais, justamente na década de 90, quando o país ainda estava assombrado com o maior acidente radioativo por contato do Césio-137, ocorrido em

setembro de 1987, em Goiânia, no estado de Goiás. Esse acidente envolveu direta e indiretamente centenas de pessoas, causando mortes, Síndrome Aguda da Radiação (SAR), falência da medula óssea, dentre outros danos vividos até os dias atuais por muitos sobreviventes (VIEIRA, 2013). Mas, ainda assim, os PCN, sendo homologados dez anos após o acidente do Césio-137 de Goiânia, a temática das radiações não foi vista como conteúdo central a ser trabalhado no EF.

Neste ponto, apresenta-se a análise da BNCC, cuja organização para o EF ocorre em UT que desenvolvem em objetos de conhecimento vinculados às habilidades correspondentes (VIEIRA; NICOLODI; DARROZ, 2013). É necessário enfatizar que, ao contrário dos PCN de ciências do EF, a BNCC traz, na UT - Matéria e Energia, as radiações como OC: *radiações e suas aplicações na saúde*, visando ao alcance de duas habilidades (EF09CI06) e (EF09CI07) a serem desenvolvidas por alunos/as do último do EF (BRASIL, 2018), conforme transcritas abaixo:

(EF09CI06) classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

(EF09CI07) discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia óptica a *laser*, infravermelho, ultravioleta etc.) (BRASIL, p. 351, 2018).

Considerando a legalidade do ensino, no que se refere a legislação, no Brasil há uma preocupação para que o assunto das radiações seja ensinado aos alunos em sala de aula. No entanto, na prática, não ocorre conforme o que está planejado (CHAVES *et al.*, 2020), mesmo as radiações sendo entendidas como um fator abiótico essencial ao planeta e à vida na totalidade (SILVA; PEREIRA, 2011).

Embora apresentando as radiações em seus OC, chamamos a atenção para a ausência de sequência lógica dos conteúdos propostos nas UT da BNCC. O documento orienta que, no EF, os/as alunos/as precisam “lançar mão do conhecimento científico e tecnológico para compreender os fenômenos e conhecer o mundo, o ambiente, a dinâmica da natureza”. (BRASIL, 2018, p. 343). Assim, torna-se difícil todo esse conhecimento ser aprimorado pelos/as alunos/as, quando os OC não têm uma sequência lógica.

O recorte ilustrado no Quadro 1 é um exemplo de como a BNCC desconsidera que o conhecimento precisa de uma sequência coerente, para que as informações adquiridas possam agregar uma visão de conhecimento de mundo, do ambiente e da natureza.

Observa-se ainda, uma incoerência entre os OC das radiações e as habilidades propostas na BNCC. A temática das radiações é apresentada com o OC *Radiações e suas aplicações na saúde*. No entanto, na habilidade (EF09CI06), sugere que os/as alunos/as classifiquem as radiações eletromagnéticas por frequência, fonte e aplicações para avaliar implicações em raios X, mas também em controle remotos, telefone celular, forno de micro-ondas e fotocélulas (BRASIL, 2018). Esses últimos objetos funcionam por meio da radiação não ionizante, não tendo relação direta com o OC. Entender a importância e reconhecer o uso das radiações em equipamentos usados no cotidiano das pessoas é necessário, porém o OC que a BNCC apresenta como norteador não é condizente com a habilidade sugerida no documento.

Quadro 1 - Unidades Temáticas e Objetos de Conhecimentos para o EC do 9º ano - recorte da BNCC

Unidades Temáticas	Objetos de Conhecimento
Matéria e Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos quantitativos das transformações químicas; • Estrutura da matéria; • Radiações e suas aplicações na saúde.
Vida e Evolução	<ul style="list-style-type: none"> • Hereditariedade; • Ideias evolucionistas; • Preservação da biodiversidade.
Terra e Universo	<ul style="list-style-type: none"> • Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo; • Astronomia e cultura; • Vida humana fora da Terra; • Ordem de grandeza astronômica; • Evolução estelar;

Fonte: Elaborado pela autora, com base na BNCC.

Dentro desse contexto, no que se refere ao EC, a BNCC pouco contribui com a conexão que há entre os elementos basilares para a construção da ciência, representando uma visão de ensino e aprendizagem que não condiz com os debates atuais no campo de Educação em Ciências (FRANCO; MUNFORD, 2018).

Considerações finais

Os estudos desenvolvidos nesta pesquisa demonstraram que houve avanços significativos relacionados à temática das radiações, quando analisados os documentos norteadores PCN e BNCC. Observou-se que, nos conteúdos básicos dos PCN, não consta a temática da radiação, enquanto nos OC da BNCC há orientação para que a temática seja trabalhada no último ano do EF II. Ocorre que há uma falta de sequência lógica nos OC, principalmente no eixo Matéria e Energia, que traz as radiações como objeto de conhecimento a ser trabalhado no 9º ano do EF, sem uma sequência lógica e sem interconexão com os demais OC propostos.

Com os resultados, também é possível afirmar que, no que diz respeito à radiação, o EC no EF não contempla as ações da *Conferência de Bonn Chamada para Ação*. É salientar que o Brasil é signatário da IAEA e registra, em sua história recente, um dos maiores acidentes nucleares do mundo e o maior do país por contato humano de material radioativo. Esses fatores são - ou deveriam ser - suficientes para que radiações fossem trabalhadas com maior ênfase no EF e aprimoradas ao logo dos anos finais da educação básica, para evitar possíveis futuros acidentes e, o mais importante, ter um EC que ajude os/as alunos/as a discutir e contextualizar o tema a partir de exemplos variados do seu próprio cotidiano.

É importante destacar que este estudo não teve a pretensão de exaurir as possibilidades de análise sobre essa temática e sim iniciar/continuar uma discussão sobre a inserção e a discussão das radiações no EF.

Referências

- ATALÃO, J. P. S. C. **Campos electromagnéticos em sistemas biológicos**. Apontamentos das aulas teóricas. [S.l.]. Universidade da Beira Interior. Departamento de Eng. Electromecânica, 2010. Disponível em: http://webx.ubi.pt/~catalao/Apont_Campos.pdf. Acesso em: 21 nov. 2021.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 fev. 2022.
- BRASIL. **Constituição** (1996). Lei nº 9394, de 1996.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais-PCN: Ciências Naturais**. Brasília: MEC- /SEF, 1998.
- BRASIL. **Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)** - Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**-. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf- Acesso em: 23 jul. 2020.
- BUSHONG, S. C. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Disponível em: <https://marcelogb10.files.wordpress.com/2017/09/cic3aancia-radiolc3b3gica-bushong.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2020.
- CARVALHO, R. P. de; OLIVEIRA, S. M. V. de. **Aplicações da energia nuclear na saúde**. 3ª ed. São Paulo: SBPC, 2017. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/livro/energianuclearnaude.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2020.
- CHAVES, T. V.; GIMENEZ, A. P.; VALLE, D. A.; SILVEIRA, L. de M. Um estudo sobre o imaginário e as concepções acerca dos conceitos de radiação e radioatividade. **Vivências**, [S.L.], v. 17, n. 32, p. 69-83, 14 dez. 2020. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. <http://dx.doi.org/10.31512/vivencias.v17i32.82>. Disponível em: <http://revistas.uri.br/index.php/vivencias/article/view/82>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- CUNHA, É. V. R. da; LOPES, A. C. Base nacional comum curricular no Brasil: regularidade na dispersão. **Investigation Qualitativa**, v. 2, n. 2, p. 23-35, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.23935/2016/02023>.
- DELIZOICOV, D. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- DIAS, E.; PINTO, F. C. F. Avaliação e políticas públicas em educação, [S.L.]. **Educação e Sociedade**, v. 27, n. 104, p. 449-454, set. 2019. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362019002701041>. Acesso em: 05 mar. 2022.

DRIVER, R. *et al.* Construindo conhecimento científico na sala de aula. Química nova na Escola. **Construindo Conhecimento Científico**, n. 9, maio 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MARTINS, N. F. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, 2º semestre 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50021611002>. Acesso em: 20 fev. 2022.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: um olhar da área de ciências da natureza. **Horizontes**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 158-171, 30 abr. 2018. Casa de Nossa Senhora da Paz, A.S.F. DOI: <http://dx.doi.org/10.24933/horizontes.v36i1.582>. Acesso em: 07 nov. 2021.

HELERBROCK, R. **Espectro eletromagnético**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm> Acesso em: 20 jan. 2022.

HYPOLITO, Á. M. BNCC, Agenda global e formação docente. **Retratos da Escola**, Brasília, p. 187-201, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22420/rde.v13i25.995>. Acesso em: 21 jan. 2022.

IAEA, International Atomic Energy Agency. **Bonn Call-for-Action**, Joint Position Statement by the IAEA and WHO, Germany, December 2012. Disponível em: <https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/bonn-call-for-action-platform>. Acesso em: 23 mar. 2020.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 4ª ed. São Paulo: USP, 2008.

KRUPCZAK, C.; AIRES, J. A. Natureza da ciência: o que os pesquisadores brasileiros discutem? **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 14, n. 32, p. 19-32, dez. 2018. Semestral. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/6180>. Acesso em: 22 out. 2022.

LEITE, L. M. O. do R.; GRADELA, A. O ensino de ciências e a educação científica como suporte para a formação cidadã no ensino médio. **Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco**, [S. L.], v. 7, n.14, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.univasf.edu.br/index.php/revasf/article/view/63>. Acesso em: 01 mar. 2022.

MACHADO, A. H. **Química para o ensino médio**. São Paulo: Unijuí, 2010.

MARCONDES, M. E. R. As Ciências da Natureza nas 1ª e 2ª versões da Base Nacional Comum Curricular. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 32, n. 94, p. 269-284, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0018>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152695>. Acesso em: 28 dez. 2021.

MATTOS, K. R. C. de; AMESTOY, M. B.; TOLENTINO-NETO, L. C. B. de. O ensino de ciências da natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v. 18, n. 40, p. 22-34, 2022. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/index>. Acesso em: 26 jun. 2022.

MOREIRA, C., *Reino Monera*, Rev. Ciência Elem., V3(4):255, 2015. DOI <http://doi.org/10.24927/rce2015.255>. Acesso em: 18 jan. 2022.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, [S.L.], v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142013000100014>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PEREIRA, M. F. **Planejamento estratégico**: teorias, modelos e processos. São Paulo: Atlas, 2010.

REGO, F.; PERALTA, L. Portuguese students' knowledge of radiation physics. *Physics Education*, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 259-262, 1 mar. 2006. IOP Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/41/3/009>. Acesso em: 03 jan. 2022.

ROEVER, L. Compreendendo os estudos de revisão sistemática. *Sociedade Brasileira de Clínica Médica*, Uberlândia, v. 2, n. 15, p. 127-130, abr. 2017. Trimestral. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/11/875614/152_127-130.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

SANTOS, A. S. Mesa redonda 1: Justificação, otimização no contexto do *Bonn Call For Action* e problemas enfrentados. In: I FÓRUM DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM. Brasília, 2019. Apresentação em Powerpoint. Disponível em: <https://eventos.cfm.org.br/images/PDFs/mesa%20redonda%201%20compilado%20geral.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SAVIANI, D. **Educação**: do senso comum à consciência filosófica. 10ª ed. São Paulo: Cortez, 1991.

SILVA-BATISTA, I. C. da; MORAES, R. R. História do ensino de Ciências na Educação Básica no Brasil (do Império até os dias atuais). *Educação Pública*, v. 19, n. 26, 22/10/2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SILVA, D. N. G. da; PEREIRA, M. V. **Radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do ensino fundamental**. 2011. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R0029-2.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

SILVA, C. B. da; SANTOS, T. C. dos; BORBA, A. M. de; GOMES, B. N.; BRASIL, C. L.; BARBOZA, D. V.; SILVA, A. B. da; WACHHOLZ, P. de L.; CAVALCANTI, G. A. de O. Conhecimento sobre radiação ionizante diagnóstica em uma população do sul do Brasil. *Pubvet*, [S.L.], v. 13, n. 9, p. 1-7, set. 2019. MV Valero. DOI: <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v13n9a409.1-7>. Acesso em: 01 mar. 2022.

TENREIRO-VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Educação em ciências e em matemática numa perspectiva de literacia: desenvolvimento de materiais didáticos com orientação CTS/ pensamento crítico (PC). In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica**: desafios, tendências e resultados de pesquisas. Brasília: UnB, 2011.

VIEIRA, S. de A. Césio-137, um drama recontado. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 27, n. 77, p. 217-236, 2013. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142013000100017>

VIEIRA, L. D.; NICOLODI, J. C.; DARROZ, L. M. A área de Ciências da Natureza nos PCNs e na BNCC. **Insignare Scientia - RIS**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 105-122, 20 ago. 2021. Universidade Federal da Fronteira Sul. DOI: <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i5.12561>. Acesso em: 14 jan. 2022.

VYGOTSKY, L.S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: **Psicologia e pedagogia: bases psicológicas da aprendizagem e do desenvolvimento**. São Paulo: Moraes, 1991. p.1-17.