



Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola

E. A. Lucena^a; R. G. Reis^a; A. S. Pinho^a; J. W. S. Silva^b; A. S. Alves^a;

M. A. P. Rio^a; G. A. de Paula^c; M. A. Gonçalves Jr.^c; A. A. Reis^a

^a Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CEP 22783-127, S/nº, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^b Comissão Nacional de Energia Nuclear, CEP 22290-901, nº 90, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^c Escola Sesc de Ensino Médio, CEP 22775-004, nº 5677, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

arlene@ird.gov.br

RESUMO

Desde a descoberta dos raios-x, em 1895, a radiação ionizante é aplicada em diversos setores da sociedade, tais como medicina, indústria, segurança, construção civil, engenharia e pesquisa, no entanto, a população em geral desconhece tanto as aplicações quanto seus riscos e seus benefícios. Pode-se constatar que a maioria das pessoas associam os termos “radiação” e “energia nuclear” à bomba atômica ou ao câncer, isto muito provavelmente devido a aplicações bélicas e a maneira sigilosa como a radioatividade fora tratada no passado. Desta forma, torna-se necessário esclarecer a população sobre os principais aspectos relativos às aplicações, aos riscos e aos benefícios associados. Tais conhecimentos podem ser disseminados nas escolas. A legislação brasileira para a educação básica prevê apresentação de temas como energia nuclear e radioatividade aos alunos de ensino médio. No entanto, alguns fatores dificultam tal prática educacional, a saber: poucas horas aula, livros didáticos não abordam o assunto, conceitos prévios obtidos na mídia, dificuldade de tratar o assunto em sala de aula, fobia, etc. Uma solução seria a aproximação entre as escolas e as instituições que empregam tecnologias envolvendo radioatividade, o que permitiria aos alunos conhecer as práticas, a proteção radiológica associada, bem como os riscos e benefícios para a sociedade. Atualmente, com a crescente aplicação da radiação ionizante, sobretudo em medicina, é necessário desmistificar o uso da radioatividade.

Palavras-chave: Radioatividade, proteção radiológica, escola

ABSTRACT

Since the discovery of x-rays in 1895, ionizing radiation has been applied in many sectors of society, such as medicine, industry, safety, construction, engineering and research. However, population is unaware of both the applications of ionizing radiation and their risks and benefits. It can be seen that most people associate the terms "radiation" and "nuclear energy" with the atomic bomb or cancer, most likely because of warlike applications and the stealthy way radioactivity had been treated in the past. Thus, it is necessary to clarify the population about the main aspects related to the applications, risks and associated benefits. These knowledge can be disseminated in schools. Brazilian legislation for basic education provides for topics such as nuclear energy and radioactivity to high school students. However, some factors hamper such an educational practice, namely, few hours of class, textbooks do not address the subject, previous concepts obtained in the media, difficulty in dealing with the subject in the classroom, phobia, etc. One solution would be the approximation between schools and institutions that employ technologies involving radioactivity, which would allow students to know the practices, associated radiological protection, as well as the risks and benefits to society. Currently, with the increasing application of ionizing radiation, especially in medicine, it is necessary to demystify the use of radioactivity.

Keywords: Radioactivity, radiation protection, school

1. INTRODUÇÃO

Com a descoberta dos raios-x em 1895, iniciou-se uma aplicação prática da radiação ionizante: a radiografia. Contínuos avanços científicos e tecnológicos têm resultado num aumento significativo das aplicações da radiação ionizante em todo mundo[1].

No Brasil, é bastante significativo o crescimento da utilização de radiação ionizante em áreas como medicina, indústria, segurança, construção civil, engenharia e pesquisa. Ao final de 2014, o número de instalações controladas pela Comissão Nacional de energia Nuclear (CNEN) no Brasil era: 5007 instalações radiativas, 9 reatores nucleares e 15 instalações do ciclo do combustível nuclear [2]. Atualmente, duas usinas nucleares estão em operação com capacidade para gerar 2.007 megawatts de energia e está em construção a terceira usina nuclear, Angra III. A expectativa é que as 3 usinas juntas gerem cerca de 3.400 megawatts [3].

Embora temas como radiação ionizante e energia nuclear constem no currículo da educação básica brasileira [4 – 11] e, apesar do crescente uso das radiações ionizantes em diversos setores da sociedade, a população em geral desconhece tanto suas aplicações quanto seus riscos e benefíci-

os. Geralmente, as pessoas associam os termos “radiação” e “energia nuclear” à bomba atômica ou ao câncer, constatado através de trabalhos realizados com alunos de ensino médio, compreendendo etapa complementar à educação básica, na qual deveriam apresentar certo nível de conhecimento sobre tecnologias envolvendo radioatividade [12 – 18].

Foi observado haver falta de informação da população em relação aos riscos e a radioproteção em situações de emergência radiológica ou nuclear. Em tais situações, constatou-se a ocorrência de pânico, medo e estresse na população e, até mesmo, nos profissionais responsáveis pelo atendimento à emergência. No acidente radiológico de Goiânia, por exemplo, foi observado que a população não tinha conhecimentos básicos sobre radiação ionizante, gerando extrema dificuldade na comunicação, esclarecimentos e orientações. Acredita-se que os efeitos psicológicos seriam menos intensos caso a população tivesse alguma informação prévia sobre o assunto [19].

Devido ao crescente uso das radiações ionizantes em diversas áreas, tais como, medicina, indústria, segurança, engenharia, pesquisa e geração de energia, torna-se necessário esclarecer a população sobre os principais aspectos relativos às aplicações, aos riscos e aos benefícios associados. Tais conhecimentos podem ser disseminados nas escolas. Entretanto, pode-se observar que existem poucos livros didáticos tratando este assunto [13]. Alguns professores das Ciências da Natureza relatam falta de tempo para trabalhar estes tipos de conteúdo e sinalizam a necessidade de apoio para tal explanação [16]. Em síntese, o objetivo deste trabalho consiste em realizar levantamento bibliográfico sobre o ensino de radioatividade e energia nuclear aplicados às escolas e, apontar possibilidades de melhoria a fim de desmistificar o uso da radiação ionizante no país.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se um levantamento de trabalhos sobre o ensino de física nuclear e radioatividade no ensino médio, com ênfase na apresentação didática e conhecimento prévio dos alunos sobre o tema, disponíveis eletronicamente na internet. Além disso, foi realizada também uma revisão na legislação educacional, a fim de citar os principais documentos que norteiam a prática docente atual, sobre os temas relacionados a radioatividade e a energia nuclear, publicados até o ano de

2016. Tais documentos estão disponíveis nas páginas eletrônicas dos órgãos competentes. Efeitos psicológicos em acidentes radiológicos ou nucleares são apontados como provenientes da falta de informação prévia sobre o assunto, conforme observado no trabalho sobre o acidente radiológico de Goiânia, incluído nesta revisão, disponível em formato PDF, na página eletrônica da Agencia Internacional de Energia Atômica [20].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados, são apresentados resumos de documentos e trabalhos encontrados na literatura estudada, que abordam o ensino escolar da radioatividade e suas aplicações práticas. Para fins de organização, o material estudado foi dividido em categorias, a saber: legislação educacional, prática docente, conhecimento dos alunos e efeitos psicológicos num acidente com radiação.

Legislação brasileira para o ensino médio

De acordo com a página eletrônica do Ministério da Educação [4], os documentos que norteiam a educação básica brasileira são a Lei nº [9.394/96](#), a qual estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional [5] (LDB), as [Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica](#) [6] e o [Plano Nacional de Educação](#) [7].

O ensino médio é parte integrante da educação básica, regulamentada pela LDB, que estabelece que a educação escolar deve estar vinculada ao mundo do trabalho e à prática social, sendo dever do Estado garantir o acesso gratuito à educação básica obrigatória. A LDB estabelece, também, que a finalidade da educação básica é desenvolver o educando, através de uma formação comum indispensável para o exercício da cidadania, fornecendo meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores.

De acordo com o artigo 35 da LDB, uma das finalidades do ensino médio, etapa final da educação básica, é “*a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina*”. No artigo 36, ao tratar do currículo, é definido que a organização dos conteúdos, das metodologias e das formas de avalia-

ção, deve ser tal que, ao final do ensino médio o educando demonstre domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna.

Entre os anos de 1999 a 2002, os Parâmetros Curriculares Nacionais [8] (PCNs), cujo objetivo está relacionado ao desenvolvimento de habilidades e competências por alunos de ensino médio, em decorrência do aprendizado das disciplinas e tecnologias relacionadas, foram implementados pelo MEC. A lista de conteúdos de Física para o ensino médio é demasiadamente extensa, o que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo, o qual abordaria uma visão de mundo e um conhecimento prático essencial a uma educação básica, como por exemplo, compreender a operação de um motor elétrico, os princípios da telecomunicação moderna ou o uso clínico, diagnóstico ou terapêutico das radiações [8].

Os PCN+ [9] recomendavam a adoção de uma nova proposta para o ensino de Física, o que não significava elaborar uma nova lista de conteúdo, e sim, que fosse promovido um conhecimento contextualizado e integrado à vida de cada estudante. O que a escola deveria apresentar era *“Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e, também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios”*. Neste sentido, o ensino de Física deveria visar a capacitação para exercício da cidadania através da participação do estudante na sociedade, desenvolver o senso crítico para avaliar veracidade e impacto de informações ou opiniões, bem como estabelecer um julgamento próprio.

“Como exemplos, podemos lembrar a necessidade de se avaliar as relações de risco/benefício de uma dada técnica de diagnóstico médico, as implicações de um acidente envolvendo radiações ionizantes, as opções para o uso de diferentes formas de energia, as escolhas de procedimentos que envolvam menor impacto ambiental sobre o efeito estufa ou a camada de ozônio, assim como a discussão sobre a participação de físicos na fabricação de bombas atômicas.” (pág. 28)

As Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica [6] estabelecem a base nacional comum, responsável por orientar e avaliar as propostas pedagógicas de todas as redes de ensino

brasileiras. Dentre os desafios para o ensino médio, ressalta-se a necessidade de desenvolvimento de prática educacional que seja capaz de acompanhar a produção acelerada do conhecimento científico e tecnológico da sociedade atual, cuja proposta estabeleça que a apropriação destes conhecimentos seja efetivada por práticas experimentais, nas quais ocorram uma contextualização, relacionando o aprendizado com a vida prática do educando.

“Isto porque o conhecimento científico, nos tempos atuais, exige da escola o exercício da compreensão, valorização da ciência e da tecnologia desde a infância e ao longo de toda a vida, em busca da ampliação do domínio do conhecimento científico: uma das condições para o exercício da cidadania. O conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condição para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam. Não se pode, pois, ignorar que se vive: o avanço do uso da energia nuclear; da nanotecnologia; a conquista da produção de alimentos geneticamente modificados; a clonagem biológica. Nesse contexto, tanto o docente quanto o estudante e o gestor requerem uma escola em que a cultura, a arte, a ciência e a tecnologia estejam presentes no cotidiano escolar, desde o início da Educação Básica”. (pág. 26).

No ano de 2014, o Congresso Nacional aprovou o Plano Nacional de Educação que é a Lei do PNE (nº 13.005/2014). Naquele ano, o MEC publicou o caderno ***Planejando a próxima década – Conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação*** [7] cujo objetivo é contextualizar, apresentar a inter-relação das metas com as políticas públicas e as estratégias específicas. As metas do PNE são desafiadoras e abrangem desde a educação infantil aos cursos de pós-graduação. Há uma preocupação com a formação continuada dos professores da educação básica, para que os mesmos estejam sempre atualizados aos avanços científico-tecnológicos da área de atuação docente. Assim, a meta 16 estabelece a formação de 50% dos professores da educação básica em nível de pós-graduação, a fim de elevar o nível de escolaridade básica no Brasil.

A Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro apresentou, no ano de 2012, o Currículo Mínimo [10], cujo objetivo é definir os itens que não podem faltar em cada disciplina. Com a finalidade de atrair os estudantes e dar maior significado ao estudo de Física, nas três séries do ensino médio, são abordados tópicos de Física Moderna e Contemporânea: relatividade restrita e geral, energia nuclear, usinas nucleares, reações nucleares, efeito fotoelétrico, entre outros. A seguir, estão listadas as habilidades e competências que o currículo mínimo espera que o aluno desenvolva no 4º bimestre, da 2ª série, do ensino médio, ao estudar reações nucleares e suas aplicações:

- *Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.*
- *Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina.*
- *Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear.*
- *Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.*
- *Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos.*
- *Identificar que a energia solar é de origem nuclear.*
- *Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade.*
- *Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.*
- *Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.*

Os documentos oficiais aqui citados regulam a educação brasileira e indicam as competências e habilidades que os alunos devem desenvolver ao concluir a educação básica. Apontam diretamente para um ensino de Física que relacione a teoria à prática e, além disso, tem como objetivo

formar um cidadão que seja capaz de estabelecer análise crítica da relação custo-benefício para a sociedade, a partir da compreensão dos recentes avanços científicos-tecnológicos.

Os documentos mais recentes estão sendo implementados pelos Estados e Municípios do país, para que todos cumpram em suas práticas educacionais os requisitos apresentados.

Para atender algumas das exigências, é preciso que conste no conteúdo programático do ensino médio, aulas sobre radioatividade, energia nuclear e aplicações das radiações ionizantes. Devido ao aspecto histórico do tema, o caráter sigiloso com que fora tratado no passado, bem como as aplicações bélicas das radiações ionizantes, torna-se um desafio para o professor abordar tais assuntos de forma clara, isenta de opiniões e convicções prévias.

A Medida Provisória nº 746/2016 [11] promove alterações no ensino médio, porém sua implementação depende da Base Nacional Curricular Comum, a ser publicada futuramente.

Radioatividade e Física Nuclear no ensino médio – A prática atual

Na maioria das escolas, as aulas de Física são ministradas no ensino médio com uma carga horária de duas horas-aula semanais. Esse número de aulas é considerado pequeno, por alguns docentes, para trabalhar todo conteúdo previsto no currículo [12].

STRIDER e GURGEL [13] realizaram um trabalho com o objetivo de investigar de que maneira o tema Energia Nuclear tem sido abordado no âmbito da educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Os autores analisaram a produção brasileira em Ensino de Ciências, por meio de trabalhos publicados nos seguintes eventos: I ao VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ciências (ENPEC), realizados entre 1997 e 2011 e I ao III Seminário Ibero-Americano de Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino de Ciências (SIACTS), entre os anos de 2000 a 2012. Apenas cinco trabalhos tinham como foco principal o tema energia nuclear. Neste estudo, foi observada a preocupação com o desenvolvimento do pensamento crítico de alunos e professores, visando discutir e compreender os critérios utilizados para a escolha do uso de determinado tipo de energia por um país, quanto à capacidade de avaliação dos riscos e benefícios da energia nuclear. Os autores destacaram a quantidade de trabalhos sobre o assunto: apenas cinco; atribuíram essa escassez à ausência do conteúdo nos currículos escolares e livros didáticos.

Entre os anos de 1990 e 2012, baseado em publicações presentes na literatura, foi realizada uma investigação enfatizando aspectos relacionados ao processo ensino-aprendizagem sobre radioatividade, inseridos em periódicos nacionais e internacionais [14]. Em cinco periódicos nacionais foram encontrados nove trabalhos e, em quatro periódicos internacionais foram encontrados dezoito trabalhos. Os autores identificaram duas tendências de pesquisa: a primeira, relativa a proposta de material e análise de estratégias que incluem analogias, modelos, jogos ou módulo didáticos, o que sugere a necessidade de professores terem acesso as estratégias desenvolvidas nestas pesquisas, a fim de aprimorar a prática docente; a segunda, sobre concepções alternativas dos alunos e análise de livro didático, para a qual foi apontada a necessidade de desenvolvimento de pesquisas, devido a quantidade restrita de trabalhos sobre estes tópicos.

Ao constatar que professores se sentem inseguros para abordar Física Moderna e Contemporânea (FMC), GOMES [15] realizou uma oficina para docentes na qual apresentou uma sequência didática sobre energia nuclear para o ensino médio. Havia 12 participantes: cinco professores de Física e sete licenciandos em Física. Dentre as respostas dos participantes, destacam-se: cinco disseram ter estudado FMC de forma satisfatória na graduação, porém foi observado que não houve abordagem de como trabalhar este conteúdo no ensino médio; apenas quatro afirmaram que se sentem seguros para abordar temas da FMC em sala de aula; todos acharam positiva a aproximação entre professores e os centros acadêmicos, por considerarem a atualização fundamental para um bom desempenho em sala de aula; todos os professores disseram que já abordaram o tema energia nuclear em suas aulas, enfatizando que este assunto tem boa aceitação pelos alunos; todos os professores afirmaram ter estudado para abordar energia nuclear em sala de aula, por exemplo: funcionamento de uma usina termonuclear, geração e distribuição de energia elétrica; produção de energia nuclear; fissão e fusão. Os participantes fizeram sugestões para a oficina, enfatizando a necessidade de maior divulgação de temas relacionados ao uso da energia nuclear e processo de extração de urânio.

Trabalho realizado com professores do Ensino Médio, com ênfase ao estudo da física moderna e contemporânea (FMC), mostrou que o principal questionamento para a disseminação da informação e entendimento do assunto, consiste em saber “como fazer?”[16]. Os professores devem estar preparados para que a abordagem dos tópicos de interesse seja acessível aos alunos, permi-

tindo relacionar tópicos da FMC com aplicações práticas do cotidiano, possibilitando uma visão global do processo. Neste trabalho, dez professores de Física foram questionados como o tópico referente aos raios-x poderia ser abordado em sala de aula. Nove professores associaram às ondas ou ao eletromagnetismo e apenas um professor disse que usaria exemplos do cotidiano, como uma radiografia. Os professores sugeriram que fosse trabalhada apenas a parte conceitual, sem o formalismo matemático; a terceira série foi apontada como aquela que apresenta o melhor momento para trabalhar o tópico e; afirmaram necessitar de material de apoio para trabalhar esse tipo de conteúdo em sala de aula.

A partir desta revisão, pode-se observar que existem poucos trabalhos sobre abordagem de radioatividade e energia nuclear na escola; o mesmo parece ocorrer nos livros didáticos. Os professores apontaram a necessidade do desenvolvimento de estratégias e metodologias motivadoras. A capacitação contínua dos professores para lecionar tais temas deve ser fortalecida e incentivada, para que os tópicos abordados em sala de aula, referentes às aplicações das radiações ionizantes em nossa sociedade, estejam inseridos em contexto que viabilize o aprendizado, tornando-os mais atraentes para os alunos.

As concepções e percepções dos alunos

Uma pesquisa foi realizada no ensino médio da rede pública de Salvador/BA [17] para investigar a percepção e o conhecimento dos alunos sobre a energia nuclear e suas aplicações, uma vez que a Bahia foi um dos estados cotados para receber uma usina nuclear pelo Programa de Expansão de Energia Nuclear no Brasil. A amostra estudada foi de 40 alunos, representando 10 % da população do 2º ano, que, por sua vez, já teriam estudado a estrutura e as propriedades do átomo e de seu núcleo. Foram aplicados questionários cujos resultados mostraram que a maioria dos alunos não tinha conhecimento que permitisse opinar sobre energia nuclear ou energia elétrica, sobre o que é urânio e onde pode ser encontrado, bem como, sobre a implantação e funcionamento de uma usina nuclear naquele Estado.

SILVA e colaboradores [18] realizaram um estudo de caso sobre a abordagem do tema radioatividade e energia nuclear em sala de aula no ensino médio. O estudo incluiu 190 alunos pertencen-

tes a sete turmas da primeira série do ensino médio. Foi realizada uma breve exposição (cerca de 50 min.) de distintos tópicos, tais como: diversas fontes de energia, conceito de energia nuclear/radioatividade, o acidente nuclear ocorrido no Japão no início de 2011 e os impactos ambientais e sociais. Na sequência, os alunos foram divididos em dois grupos: um “contra” e um “a favor”, independentemente de suas opiniões prévias individuais, visando a realização de um debate. No final, os alunos foram orientados a escrever suas opiniões sobre energia nuclear/radioatividade. Os autores constataram: foi observado que a maioria dos alunos se posicionou contra a energia nuclear, porém, por desconhecimento do assunto; muitos alunos falavam que “*eram contra porque não queriam morrer*”; relacionavam a radioatividade e a energia nuclear a “*uma coisa perigosa*”; diziam que queriam “*ficar o mais longe possível de uma usina nuclear*”. Quando as pesquisadoras questionavam seus motivos, obtiveram respostas como “*Porque sim professora, é muito ruim, a gente vê na televisão, só causa morte*” ou “*Mostrou na televisão no domingo*”; “*tem um lugar que está a um tempão contaminado - todo mundo que morava lá morreu*”, fazendo referência ao acidente de Chernobyl.

PEREIRA e colaboradores realizaram um estudo sobre a Inserção do Tema “Energia Nuclear” no ensino médio no Rio de Janeiro [12]. Foram aplicados questionários e, de acordo com as respostas dos 115 alunos entrevistados, os seguintes resultados foram obtidos: 87% dos alunos nunca obtiveram informações sobre energia nuclear em sala de aula; 72 % disseram ter recebido alguma informação sobre energia nuclear através dos meios de comunicação; 60 % dos alunos associaram, dentre outros símbolos, o trifólio à energia nuclear; 38,5 % dos estudantes localizaram as usinas nucleares brasileiras em Angra dos Reis e 31,5 % disseram não saber da localização. Houve quem as localizassem em São Paulo e Volta Redonda; para a pergunta “*O que te faz lembrar energia nuclear?*”, 40 % das respostas estavam associadas à bomba, a acidentes ou ao câncer.

Os trabalhos apresentados nesta sessão demonstraram a necessidade de abordagem desse tema nas escolas, conforme requerido na legislação educacional vigente no país. No primeiro trabalho, verificou-se que, provavelmente, os alunos já teriam realizado estudo sobre o átomo, suas propriedades e o núcleo, porém, de forma isolada, pois não houve indício de associação à energia nuclear. Em função disto, conclui-se que muito há de ser feito a fim de desmistificar

“radioatividade” e “energia nuclear”, de maneira que conceitos relativos às suas aplicações, usos e cuidados, sejam apresentados com clareza, sempre focado no cotidiano, estimulando o desenvolvimento do senso crítico, contribuindo para estabelecimento do conhecimento.

Efeitos Psicológicos – Acidente Radiológico de Goiânia

A psicóloga Ana Bandeira de Carvalho avaliou o impacto psicológico decorrente do acidente radiológico em Goiânia, causado pela violação da cápsula de uma fonte de Cs-137, com o objetivo de confirmar a importância de atuação de equipes de saúde mental apoiando tanto às vítimas quanto aos trabalhadores das equipes de socorristas [19]. Através de entrevistas e depoimentos, a autora identificou impacto psicológico nas vítimas, no público e nas equipes de atendimento (técnicos em proteção radiológica, médicos, enfermeiros, militares e grupos de apoio). Observou-se a ocorrência de sintomas psicossomáticos, semelhantes a síndrome da radiação (febre, dor de cabeça e vômitos), em alguns integrantes das equipes de apoio. A autora considerou que a reação da população face ao acidente, foi bastante estimulada pelos meios de comunicação e pelos boatos.

“A preocupação e o medo tomaram conta da cidade, pois as pessoas não conseguiam entender bem o que era contaminação, o que era radiação. De um modo geral, a população, sobretudo a família das vítimas, queixou-se de falta de informação.” (pág. 34).

Então foram distribuídos cerca de 100 mil folhetos explicativos sobre radioatividade, contendo orientações sobre como proceder naquele acidente e a quem recorrer em caso de dúvida. Técnicos da CNEN apresentaram inúmeras palestras e participaram de entrevistas coletivas, prestando esclarecimentos a fim de tranquilizar a população e minimizar os efeitos dos boatos que se espalharam pela cidade.

“Infelizmente, como existe pouca informação sobre radioatividade, sobre o uso da energia nuclear, seus riscos e benefícios, estas palestras e entrevistas não foram suficientes para aplacar o pânico.” (pág. 35).

O reflexo da falta de informação prévia, que levou a população ao medo e ao pânico, pôde ser observado em diferentes setores daquela sociedade. Foram relatados diversos episódios de preconceito e discriminação, tais como, cancelamento de reservas de hotéis, rejeição de hospedagens em outros estados, exigência de atestado de não contaminação, redução de vendas nos comércios locais, fechamento de lojas, redução nos preços de imóveis, queda no turismo, etc. A autora ressalta a importância da disseminação da informação, através dos meios de comunicação do governo, como sendo ferramenta imprescindível, visando esclarecer o público quanto ao uso seguro da energia nuclear/radioativa.

Os rejeitos radioativos oriundos do acidente de Goiânia estão em depósitos definitivos no Município de Abadia de Goiás (GO). O Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN-CO), localizado em uma unidade de conservação ambiental chamada Parque Estadual Telma Ortega, foi criado com o objetivo de abrigar e monitorar esses rejeitos. Um programa de monitoração ambiental vem sendo realizado pelo Laboratório de Radioecologia, cujas atividades envolvem a monitoração do depósito de rejeitos radioativos através da análise de água, solo e vegetais coletados nas proximidades dos depósitos. Existe uma horta de 525 metros quadrados, onde são cultivados os mais diversos tipos vegetais, como folhosas, raízes, grãos, leguminosas e frutosas. Estes são empregados na alimentação dos servidores e técnicos da instituição, uma vez que dados de análises laboratoriais têm comprovado que não há contaminação por césio [21]. É uma maneira de desmistificar a segurança dos depósitos definitivos.

4. CONCLUSÕES

Os documentos que normatizam a educação básica brasileira requerem que o aluno desenvolva habilidades e competências relacionadas a radioatividade, bem como suas aplicações. Mesmo previstas na legislação, tais habilidades e competências não são notáveis nos trabalhos publica-

dos na literatura, os quais indicam haver fobia dos alunos referente ao tema “radioatividade”. Tal comportamento não encontra respaldo em qualquer argumento lógico ou que venha estabelecer uma coerência para tomada de decisão a favor ou contra o uso da energia nuclear.

Há necessidade de desmistificar as aplicações das radiações ionizantes, através da análise risco/benefício das práticas com radiação. A escola necessita de apoio para cumprimento desta tarefa. Uma possibilidade viável para o fortalecimento e disseminação da informação, seria a aproximação entre as escolas e instituições que empregam tecnologias envolvendo radioatividade, viabilizando a apresentação de palestras, oficinas, cursos ou entrevistas envolvendo alunos e professores, estes últimos, passando a integrar grupo de agentes disseminadores do conhecimento. Em última análise, a condição ideal seria enfatizar a divulgação de temas relacionados as aplicações das radiações ionizantes no Brasil associados com a radioproteção necessária à execução destas práticas.

REFERÊNCIAS

1. CESAREO, R. **Dos raios X à bomba atômica – os 50 anos que mudaram o mundo**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2010.
2. BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Comissão Nacional de energia Nuclear. **Relatório de Gestão do Exercício 2014**. Rio de Janeiro, 2015.
3. ELETRONUCLEAR. **A Eletrobrás Nuclear - Central Nuclear de Angra dos Reis**. Disponível em <[http:// www.eletronuclear.gov.br/Aempresa/CentralNuclear.aspx](http://www.eletronuclear.gov.br/Aempresa/CentralNuclear.aspx)>. Último acesso: 09 de janeiro de 2017.
4. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Disponível em <[http:// mec.gov.br/secretaria-de-educacao-basica/apresentacao](http://mec.gov.br/secretaria-de-educacao-basica/apresentacao) >. Último acesso: 09 de janeiro de 2017.
5. BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394/93 (atualizada em 2013), de 20 de dezembro de 1996.
6. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB, 2013.
7. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino - **Planejando a próxima década – Conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação**. Brasília: MEC/SASE, 2014.
8. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2000.
9. BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMT, 2002.

10. SEEDUC-RJ, **Currículo Mínimo 2012 – Física**, 2012.
11. BRASIL, **Medida Provisória Nº 746/2016**. DOU 184 - A, seção 1 – edição extra, de 22 de setembro de 2016.
12. PEREIRA, G. R.; FILHO, M. V. B; NEVES, M. A. Um estudo sobre a inserção do tema “energia nuclear” no ensino médio de municípios da Baixada Fluminense – RJ, In: **VII Enpec**, 2009, Florianópolis.
13. STRIDER, R.; GURGEL, G. W. I. Energia Nuclear no âmbito da educação CTS, In: **IX Congresso internacional sobre investigación em didáctica de las ciências**, 2013, Girona. p. 3462-3466.
14. SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos de ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais, **Rev de Educ Ciência e Matemática**, vol. 10 (19), 2013.
15. GOMES, R. L. S. V. **Uma sequência didática sobre o tema energia nuclear – proposta de inserção de tema de Física Moderna e Contemporânea no ensino Médio**, UFF, Rio de Janeiro, 2013, 60p.
16. OLIVEIRA, F. F, VIANNA, D. M., GERBASSI, R.S., Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Rev. Bras. Ensino de Física**, 2007.
17. COSTA, I. G., DORES, J. L. R., BOUHID; LIRA-DA-SILVA, R. M. Recepção dos estudantes de Ensino Médio da rede pública de Salvador, Bahia sobre energia nuclear. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA**, Campinas, 2011. Atas ISBN: 978-85-99681-02-2, 2011.
18. SILVA, F. L., PESSANHA, P. R., BOUHID, R. Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA**, Campinas, 2011. Atas ISBN: 978-85-99681-02-2, 2011.

19. CARVALHO, A. M., **O impacto psicológico do acidente radioativo em Goiânia.** 1988.
20. IAEA, International Nuclear Information System – INIS Collection. **The Psychological Impact of the Radiological Accident in Goiânia.** Disponível em <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/20/008/20008221.pdf>. Último acesso: 10 de janeiro de 2017.
21. SANTOS, W. G.; SANTOS, E. E.; NOGUEIRA, R. A. Alimentos vegetais cultivados próximo ao depósito permanentes de rejeitos radioativos em Abadia de Goiás. In: **65ª Reunião anual da SBPC**, 2013, Recife. Anais, INSS 2176-1221, 2013.