
AS PESQUISAS SOBRE O ENSINO DA FÍSICA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES: IMPLICAÇÕES PARA PROFESSORES DE FÍSICA

Autores. Igor Machado Nossa. Leandro Londero. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” igornossa@gmail.com. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” leandrolondero@gmail.com.

Tema. Eje temático 3.

Modalidad. 1. Nivel educativo secundaria.

Resumen. Apresentamos os resultados de um levantamento sobre o Ensino da Física das Radiações Ionizantes, com foco nos trabalhos publicados na área de Ensino de Física em âmbito internacional e as implicações para professores de física. Primeiramente, definimos os descritores que direcionaram as buscas realizadas. Optamos por realizar a revisão nos periódicos científicos de maior impacto. Procuramos responder o seguinte problema: Qual é o panorama internacional da pesquisa sobre o Ensino da Física das Radiações Ionizantes e implicação para a prática pedagógica de professores? O estudo justifica-se pela necessidade de conhecermos os trabalhos já realizados para termos acesso aos seus resultados e sugestões para a prática de professores em atividade docente. Um número expressivo de estudos identificados faz referência à falta de conhecimento dos professores para ensinar as Radiações Ionizantes.

Palabras claves. Radiações Ionizantes, Revisão de Literatura, Periódicos Científicos Internacionais, Prática pedagógica de professores

Introdução

Os aspectos relacionados à radioatividade costumam ser tópicos atuais, pois há um debate quase permanente sobre o uso da energia nuclear na produção de energia elétrica e os problemas associados aos resíduos gerados. Acidentes em usinas nucleares ou o uso de armas nucleares são motivos de tensão e preocupação política. Além disso, a radioatividade tem inúmeras aplicações na medicina nuclear, algumas delas sendo usadas diariamente, por exemplo, tomografia por emissão de pósitrons ou radioterapia.

Mas a radioatividade é um fenômeno natural que sempre foi vivido em conjunto (Atwood, 1992; Hutchinson, 1997; Ronneau, 1990) e está presente em nossa vida cotidiana, embora, por exemplo, poucas pessoas tenham consciência da presença do gás radônio, sua origem e seus perigos. Além disso, a radioatividade apresenta dificuldades específicas de ensino-aprendizagem. Como Boyes e Stanisstreet (1994) apontam:

1. A radioatividade é um fenômeno que não é percebido pelos nossos sentidos. Tem uma natureza abstrata e, portanto, é necessário representá-lo por analogias.
2. Alguns aspectos da radioatividade têm natureza estocástica, como o processo de decaimento radioativo ou o efeito da radiação ionizante no tecido biológico.
3. A influência da mídia que, às vezes, usando um pouco de linguagem grosseira, pode induzir conceitos errôneos.

A radioatividade é, em suma, um assunto cheio de sentimentos como medo ou desconfiança. Um tratamento didático adequado pode ajudar a entender e avaliar os riscos associados a ela.

Nesse sentido, considerou-se interessante apresentar neste artigo uma revisão bibliográfica das dificuldades de ensino enfrentada por professores e da aprendizagem de alunos no campo conceitual da radioatividade sob diferentes perspectivas: ideias anteriores de alunos, ideias de professores em treinamento, atividades em sala de aula e propostas didáticas.

Objetivos

O objetivo foi o de realizar uma revisão bibliográfica com análise dos aspectos quantitativos e qualitativos referentes a produção acadêmica internacional do Ensino da Física das Radiações Ionizantes, tomando como fonte de informações os periódicos científicos internacionais da área de Ensino de Física.

Buscamos sintetizar os avanços obtidos, as ideias convergentes e procuramos sinalizar perspectivas, com o intuito de contribuir para um avanço e defesa dos trabalhos futuros que se dedicarem ao ensino desse tópico conceitual.

Assim, procuramos responder o seguinte problema: *Qual é o panorama internacional da pesquisa sobre o Ensino da Física das Radiações Ionizantes e quais as implicações dos estudos já realizados para a prática de professores em atividade docente?*

Várias questões que parecem relevantes permearam nosso estudo, são elas: a) Qual a frequência de pesquisas nos diferentes periódicos científicos revisados? b) Quais os focos de pesquisa são dominantes? c) Quais as lacunas existentes? d) Quais os resultados alcançados pelos pesquisadores? Quais as recomendações para a prática pedagógica de professores?

Podemos justificar o estudo por meio do argumento apresentado por Ferreira (2002). Para ele:

O desafio de mapear e de discutir uma certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento, tentando responder que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições tem sido produzidas certas dissertações de mestrado, teses de doutorado, publicações em periódicos e comunicações em anais de congressos e de seminários (p. 258).

Metodologia

A primeira tarefa em uma pesquisa do tipo Estado da Arte é identificar as palavras-chave relacionadas ao tema (Echer, 2001). As palavras-chave sintetizam os conceitos ou as variáveis principais investigados em determinado estudo. Para selecionar os artigos para a revisão, as palavras-chave precisam ser sensíveis o suficiente para acessar adequadamente o fenômeno, indicando um número representativo de trabalhos. Porém, não podem ser sensíveis demais, retornando muitos resultados, inviabilizando o projeto de revisão (Costa & Zoltowski, 2014).

Para o levantamento que realizamos, optamos pelo uso dos seguintes termos: Radioatividade, Ensino da Radioatividade, Radiação Ionizante, Física Nuclear, Marie Curie, Bequerel, Usinas de Energia Nuclear, Radiactividad, Enseñanza de Radiactividad, Radiación Ionizante, Plantas de Energia Nuclear, Radioactivity, Radioactivity Teaching, Ionizing Radiation, Nuclear Physics e Nuclear Power Plants.

Vale a pena destacar que alguns periódicos internacionais aceitam a publicação de artigos escritos em Língua Portuguesa, por isso tem-se palavras-chave em diferentes idiomas, em especial, em espanhol, inglês e português.

Após a seleção das palavras-chave, selecionamos as fontes de busca das produções. Revisamos os periódicos internacionais indexados da área de Ensino de Física e Educação em Ciências.

Identificação de Artigos em Periódicos Internacionais

Revisamos os periódicos da área de Ensino de Física e Educação em Ciências para mapear as produções publicadas neste meio de divulgação. Optamos por identificar as publicações em periódicos editados na América e na Europa. O critério de seleção para a escolha dos periódicos foi o da representatividade dentro da área de Ensino de Física e Educação em Ciências no cenário internacional e/ou a presença no Qualis CAPES, extratos A1, A2, B1 e B2, para a área de Ensino.

Os periódicos e os períodos revisados foram: Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales (Nº 1 ao Nº 96), American Journal of Physics (V. 1 ao V. 87), Cultural Studies Of Science Education (V. 1 ao V. 14), Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas (V. 1 ao V. 37), European Journal of Physics (V. 1 ao V. 40), Gazeta de Física (V. 1 ao V. 42), Gondola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias (V. 1 ao V. 14), International Journal of Mathematical Education in Science and Technology (V. 1 ao V. 50), International Journal of Science and Mathematical Education (V. 1 ao V. 17), International Journal of Science Education (V. 1 ao V. 41), Investigación en la Escuela (Nº 1 ao Nº 98), Journal of Baltic Science Education (V. 1 ao V. 18), Journal of Physical Education (V. 1 ao V. 30), Journal of Research in Science Teaching (V. 1 ao V. 56), Journal of Science Education and Technology (V. 1 ao V. 28), La Física Nella Scuola (Anno I ao Anno LI), Latin-American Journal of Physics Education (V. 1 ao V. 13), Physical Review Special Topics Physics Education Research (V. 1 ao V. 15), Physics Education (V. 1 ao V. 54), Revista Boliviana de Enseñanza de la Física (V. 1 ao V. 15), Revista Colombiana de Física (V. 1 ao V. 46), Revista Chilena de Educación Científica (V. 1 ao V. 13), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (V. 1 ao V. 18), Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (V. 1 ao V. 14), Revista de Enseñanza de la Física (V. 1 ao V. 31), Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (V. 1 ao V. 16), Revista Mexicana de Física E (V. 1 ao V. 64), Science & Education (V. 1 ao V. 28), Science Education (V. 1 ao V. 93), Tecné, Episteme y Didaxis: TED (Nº 1 ao Nº 45) e The Physics Teacher (V. 1 ao V. 57).

Os artigos identificados foram registrados em tabelas nas quais constam o nome do periódico, período revisado, o título do artigo, o(s) autor(es), o ano de publicação, o volume e número no qual foi publicado e o número da página na qual é encontrado.

Resultados e discussões

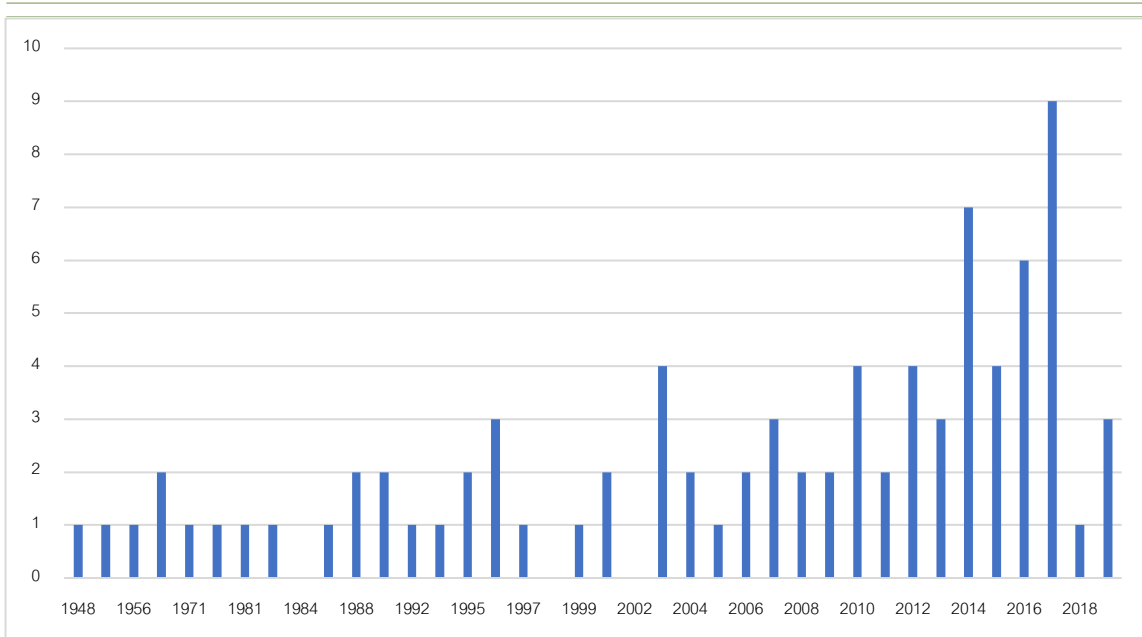
Nesta seção apresentamos os resultados obtidos nos levantamentos e categorizações realizadas.

No que diz respeito as frequências de pesquisas publicadas em periódicos, identificamos um total de 84 artigos publicados.

Os periódicos Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, Cultural Studies of Science Education, Revista Colombiana de Física, Educación en Física, International Journal of Science and Mathematical Education, Journal of Physical Education, La Física Nella Scuola, Physical Review Special Topics Physics Education Research, Revista Chilena de Educación Científica, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, Revista de Enseñanza de la Física, Revista Mexicana de Física E, Science Education e Tecné, Episteme y Didaxis: TED não publicaram nenhum artigo referente a temática investigada.

A distribuição temporal de artigos mapeados pode ser observada no Gráfico 1.

Gráfico 1. Distribuição temporal dos artigos publicados nos periódicos revisados.



Fonte. Própria.

A leitura do Gráfico 1 permite observar que a maior quantidade de artigos foi publicada no ano de 2017 (09), seguido por 2014 com (07) artigos. Também pode-se observar que o primeiro artigo foi publicado no ano de 1948.

Focos Dominantes

A identificação dos focos dominantes permite conhecer os temas de interesses dos pesquisadores. Classificamos os estudos mapeados em um ou mais focos de pesquisa. As categorias utilizadas foram aquelas utilizadas por Teixeira e Megid Neto (2012).

Conteúdo-Método: nesta categoria se enquadram trabalhos que objetivam estudar os processos que ocorrem dentro da sala de aula, criticam o ensino tradicional e ainda buscam novas metodologias para a melhoria do ensino-aprendizagem. Foram encontrados 16 estudos que, em sua maioria, visava novas metodologias de ensino, usando experimentos como o contador Geiger, enfoque CTSA, ensino por investigação, entre outros.

Formação de professores: nesta categoria estão os estudos que analisam a formação docente, tanto a formação inicial quanto a continuada, nos 12 trabalhos encontrados percebemos que os estudos sobre formação inicial concluem que os professores, em sua maioria, não estudam o tópico de Radiações Ionizantes na graduação e quando o fazem é com ênfase na parte matemática, podendo reproduzir suas concepções alternativas em sala de aula.

Elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino e Recursos Didáticos: nesta categoria encontramos 31 estudos que objetivaram elaborar e/ou aplicar situações de ensino. A maioria desses trabalhos foi pensado e/ou aplicado para alunos do ensino médio. Foram identificados uma pluralidade de propostas com diferentes durações, enfoques e metodologias. Listo a

seguir os principais recursos citados: textos de divulgação científica e originais de cientistas, as simulações computacionais, vídeos, debates, analogias, experimentos e explicações orais do professor.

Formação de conceitos: nesta categoria encontram-se os estudos que analisam os modelos explicativos sobre Radiações Ionizantes de alunos e professores. Também propõe metodologias de ensino voltadas a mudança conceitual, além de mostrar obstáculos para alcançar a mesma. Encontramos um total de 11 estudos que prioritariamente desenvolveram metodologias de ensino, desde episódios de ensino com ênfase nas aplicações médicas das radiações, até investigação do ensino desse tema através de vídeo.

História/Filosofia da Ciência: nesta categoria encontram-se os estudos que têm por objetivo investigar a importância de aspectos históricos e filosóficos para o ensino de Radiações Ionizantes. Encontramos um total de 15 trabalhos que em sua maioria falam sobre a história da descoberta do núcleo atômico, da radioatividade, dos raios-x e da bomba atômica. Vale destacar a existência de um trabalho que aborda a história de Marie Curie.

Conteúdos em livros e/ou materiais impressos: nesta categoria encontramos os estudos que tem por objetivo analisar como a física das Radiações Ionizantes está sendo exibida em livros e/ou materiais impressos. Encontramos um total de 8 trabalhos. Esses trabalhos, em sua maioria, concluíram que há pouca visibilidade do tema das Radiações Ionizantes nas obras analisadas que quando presentes nos livros muitas vezes omitem ou encobrem muitos detalhes do registro histórico, o que deixa o leitor com a sensação de que a história da radiação e seus riscos à saúde seguiu um arco progressivo simples.

Levantamento de concepções dos alunos: nesta categoria encontram-se 12 estudos. Em essência, os estudos foram desenvolvidos para explorar o conhecimento do assunto e as atitudes sobre radioatividade e radiação ionizante em grupos de alunos e/ou professores.

Avaliação da aprendizagem: a aprendizagem dos alunos e, conseqüentemente, as propostas de ensino foram avaliadas, na maioria dos casos, por meio de pré e pós-testes. Além dos pré e pós-testes, foram utilizados como instrumentos de avaliação e/ou de coleta de dados os questionários, entrevistas, provas e demais produções textuais dos alunos. Nesta categoria encontramos um total de 8 trabalhos.

É importante destacar que os estudos podem apresentar mais de um enfoque de pesquisa. Um estudo que elabora um material didático para o ensino na sala de aula, de mesmo modo, avalia aprendizagem desta proposta ou realiza o levantamento das concepções dos alunos.

Principais resultados obtidos nas investigações

Pontuamos um conjunto de resultados obtidos pelos autores em seus estudos. Entre os mais significativos conseguimos sintetizar os seguintes:

- a) Dos estudos realizados com os alunos, observa-se um grande número de ideias ou concepções que não correspondem às desejáveis do ponto de vista da ciência escolar;
- b) Os resultados mostram que há uma alta probabilidade de que um futuro professor que apresente concepções alternativas possa transmiti-las para seus alunos;

- c) Observou-se que os professores usam poucas analogias em seu ensino e, das analogias utilizadas, grande parte era de um tipo de comparação simples e poucas são enriquecidas pelo fato de identificar semelhanças estruturais entre alvo e análogo e discutir limitações das analogias;
- d) Os professores geralmente falham em abordar aspectos sociais na ciência e talvez relutem em tentar novas estratégias de ensino onde os resultados são incertos para eles;
- e) Os conceitos de radiação e substância radioativa são confusos, o que leva os alunos a considerarem a radiação como um contaminante contido na substância que a absorve e que pode ser liberada posteriormente;
- f) O tratamento superficial e incompleto desse tópico nos livros didáticos e na imprensa digital não ajuda a resolver as dificuldades de aprendizado identificadas;
- g) Ao comparar as respostas dos alunos com as informações da mídia, pode-se concluir que a semelhança entre eles nos aspectos principais é marcante. No entanto, também ficou claro que o pensamento dos alunos é mais detalhado, diversificado e dependente do contexto do que a imagem presente na mídia. Essa semelhança não é surpresa, uma vez que a maioria dos alunos afirmam ter seguido intensamente as informações da mídia;
- h) Estudos com Radiações Ionizantes formam uma parte crescente do trabalho de laboratório em física, química, biologia e possivelmente outros ramos da ciência. Eles não devem ser reduzidos por medo de possíveis consequências. O professor de ciências deve ser informado sobre os efeitos da radiação, os níveis de dose necessários para produzi-los e a maneira de como manter no laboratório níveis muito abaixo dos perigosos. Foi demonstrado que, com as devidas e relativamente simples precauções, esses estudos podem ser realizados com segurança no laboratório habitual do ensino médio;
- i) Equipamentos simples podem ensinar muito bem os fenômenos do raio-x. Os resultados fornecidos pelos equipamentos são aceitáveis se comparado com um equipamento de alto custo;
- j) O risco é um fenômeno e conceito multifacetado, originário de atividades ontológicas e situacionais. Incorporar riscos no ensino de ciências nas escolas apresenta desafios e oportunidades para os professores de ciências. Grande parte da complexidade está na natureza dupla do risco, tanto subjetiva quanto objetiva, exigindo interação entre conhecimento e valores. É este último aspecto que mais chamou a atenção de trabalhos no campo da educação científica. Entre concepções científicas/técnicas contra subjetivas de risco e entre o paradigma realista e o construtivista de risco. Esses trabalhos também detalham mais a literatura psicológica sobre percepção de risco, sob os títulos de concepções subjetivas e paradigmas construtivistas, respectivamente.

Sugestões e recomendações para mudanças e inovações da prática pedagógica

A partir das pesquisas realizadas é possível identificarmos um conjunto de recomendações para a prática pedagógica dos professores. Entre as mais significativas conseguimos sintetizar as seguintes:

- a) Que os trabalhos sirvam de incentivo para futuras pesquisas que aprofundem os diferentes aspectos indicados;
- b) Os autores acreditam que pesquisa sobre a linguagem e o conteúdo atômico-nuclear dos livros escolares do século passado não pode se limitar a isso e deve ser um bom ponto de partida para abordar a análise dos manuais atuais, publicados

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

em um período de maior pluralidade política e diversidade educacional, nas quais as diferenças ideológicas e linguísticas introduzirão, sem dúvida, novas abordagens ao trabalho realizado;

c) O ensino de radioecologia é um tópico muito importante a ser incluído nos cursos de física, pois permite abordar diferentes aspectos dos riscos humanos e ecológicos e encontrar soluções práticas para a redução desses riscos;

d) Os autores sugerem a opção de utilizar questões como um pré-teste para analisar as concepções prévias dos estudantes;

e) É proposto que seja dada mais ênfase a desenvolvimentos educacionais que envolvam o social. Pois a mensagem para a educação científica da reação pública a Chernobyl é, talvez, que a imagem que apresentamos da ciência na sala de aula é mais do que simplesmente uma questão de gosto ou de boa distinção acadêmica sobre o "método da ciência", mas pode ter implicações de longo alcance para o mundo real da política científica e da tomada de decisões democráticas;

f) Um próximo passo é estudar como o ensino de física sobre radioatividade consegue melhorar o conhecimento dos alunos e suas avaliações de risco;

g) Estudos futuros devem determinar a possível influência de colegas na argumentação quando os alunos usam múltiplas representações;

h) Como os alunos abordam questões sócio-científicas principalmente a partir do domínio da cognição social, esse mesmo domínio deve ser o ponto de partida para a instrução. Isso implica que os materiais de ensino devem ser estruturados de forma a estimular a cognição social. Não faz sentido sugerir aos alunos que "retenham" seus julgamentos sociais até que "saibam mais", pois eles já estão lidando com o problema, embora de um domínio cognitivo não tradicionalmente tratado por muitos professores de ciências;

i) O uso restrito do termo "radiação" na linguagem cotidiana deve ser discutido e ampliado, enfatizando que a luz também é um tipo de radiação. A ocorrência natural de diferentes tipos de radiação deve ser discutida para combater as concepções dos alunos sobre a radiação ser artificial. Os professores não devem se concentrar apenas nos riscos potenciais de vários tipos de radiação, mas também devem discutir aspectos positivos da radiação. Isso inclui aplicações benéficas da radiação na medicina e em tecnologias, bem como ocorrências naturais positivas de diferentes tipos de radiação;

j) Sugestão de leitura de livro: Rosalind Driver, Children's Ideas in Science.

Conclusões

Baseados nos dados e resultados obtidos, podemos inferir que houve um crescimento no número de trabalhos durante as décadas, o que indica que as Radiações Ionizantes parecem ser de interesse dos investigadores e professores.

Mapeamos uma pluralidade de enfoques didáticos (CTS, Aprendizagem Baseada em Casos, História e Filosofia da Ciência, entre outros) e recursos didáticos (experimentos, simulações, textos, entre outros) para o ensino da Física de Radiações Ionizantes. Contudo, parece haver um consenso para uma abordagem qualitativa, em detrimento de uma abordagem quantitativa e matematizada desse tópico.

Ressaltamos, com base nos resultados de outros pesquisa que estamos desenvolvendo, que na formação do licenciando há poucas disciplinas que abordam a Física das Radiações Ionizantes, o que pode dificultar a inserção desse assunto nas aulas de física da Escola Básica.



Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

Professores têm formação excessiva no curso que escolheram e sofrem com a formação em aspectos pedagógicos, didáticos e metodológicos para o ensino de sua disciplina. Além disso, um número expressivo de estudos identificados faz referência à falta de conhecimento dos professores para ensinar a Física das Radiações Ionizantes. Com isso, esperávamos obter um número expressivo de pesquisas com foco na formação de professores, seja inicial ou continuada. No entanto, os estudos com foco na formação de professores estão no conjunto de pesquisas que tiveram os menores quantitativos identificados, em comparação com os demais focos analisados na pesquisa aqui relatada.

Referencias bibliográficas

- Atwood, C. H. (1992). How much radon is too much? *Journal of Chemical Education*, 69, 5, 351-355.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1994). Children's ideas about radioactivity and radiation: Sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education*, 12(2), 145-160.
- Costa, A. B., & Zoltowski, A. P. C. (2014) Como escrever um artigo de revisão sistemática. In S. H. Koller, M. C. P. de Paula Couto & J. V. Hohendorff (Orgs.), *Manual de Produção Científica*. Porto Alegre: Penso, 55-70.
- Echer, I. C. (2001) A revisão de literatura na construção do trabalho científico. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 22, 2, 5-20.
- Ferreira, N. S. A. (2002) As pesquisas denominadas "estado da arte". *Educação & Sociedade*. Campinas, ano XXIII, 79, 257-271.
- Hutchinson, T. P. (1997) Classroom note: Radioactivity half-lives considered as data. *Journal of Applied Mathematics Decision Sciences*, 1(1), 67-71.
- Ronneau, C. (1990) Radioactivity: A natural phenomenon. *Journal of Chemical Education*, 67, 9, 736.
- Teixeira, P. M. M., & Medig Neto, J. (2012) O estado da arte da pesquisa em ensino de Biologia no Brasil: um panorama baseado na análise de dissertações e teses. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 273-297.