

O LEGADO DE MADAME CURIE: RELATO DE UMA ATIVIDADE PARA ABORDAR RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA CTS

THE LEGACY OF MADAME CURIE: REPORT OF AN ACTIVITY TO ADDRESS RADIOACTIVITY IN HIGH SCHOOL FROM THE STS PERSPECTIVE

Jucelino Cortez

Universidade de Passo Fundo/Curso de Física, jucelino@upf.br

Sandra Denise Prado

Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Física, sandra.prado@gmail.com

Cleci T. Werner da Rosa

Universidade de Passo Fundo/Curso de Física, cwerner@upf.br

Resumo

Neste artigo, relata-se uma experiência de ensino de radioatividade motivada pela abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e desenvolvida com estudantes do terceiro ano de uma escola pública do interior do Rio Grande do Sul. O objetivo do estudo está em investigar a aplicação de uma proposta didática orientada pela concepção construtivista e estruturada mediante uma abordagem que considera a temática a partir das situações vivenciais dos alunos. De forma mais específica, o trabalho busca criar uma alternativa para o ensino de radioatividade e analisar a pertinência de discutir a temática com os estudantes. Para alcançar o objetivo central, a proposta foi estruturada em dezoito períodos ou encontros, sendo dez dentro da programação da disciplina de Física no terceiro ano do ensino médio e oito em horário extraclasse. Os encontros foram organizados em etapas, tendo cada qual sido estruturada de modo a trazer elementos que permitissem avaliar a sua pertinência para a apropriação dos conteúdos e para a visualização desse processo na vida cotidiana dos alunos. O mote central do estudo esteve na construção de mapas conceituais antes e depois das discussões e na formulação, pelos estudantes, de questionamentos a especialistas no tema. Como resultado, verificou-se a validade desse tipo de proposta e o quão significativa ela é para a aproximação dos estudantes com a Física.

Palavras-chave: Física. Ensino. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Radioatividade.

Abstract

This paper reports an experience of teaching radioactivity motivated by the Science, Technology, and Society (STS) approach and developed by students of the third year of a public high school in upstate Rio Grande do Sul, Brazil. The study aims to investigate the

application of a didactic proposal guided by the constructivist design and structured upon an approach that considers the topic from the experiences of students. More specifically, the work seeks to create an alternative for teaching radioactivity and analyze the relevance of discussing the topic with students. To reach the main objective, the proposal was structured in eighteen periods or meetings, where ten of them were included in the schedule of Physics class of the third year of high school and eight took place in extracurricular hours. The meetings were organized in steps, each one structured to bring elements that allow assessing their relevance for content appropriation and for visualizing this process in the everyday life of students. The main motto of the study was the construction of concept maps before and after the discussions, and the formulation of questioning by students to an expert of the area. As a result, the validity of this type of proposal was verified, as well as how significant it is for students to be closer to Physics studies.

Keywords: Physics. Teaching. Science, Technology and Society. Radioactivity.

Introdução

O ensino de Física no Brasil apresenta-se, em diversas situações, ultrapassado, fragmentado, bancário e desligado da realidade do aluno. Nas palavras de Chiquetto:

Para os alunos do ensino médio, a Física se mostra como um impressionante conjunto de fórmulas destinadas a resolver problemas de provas. Os estudantes não veem ali uma descrição do mundo e também não veem como tirar proveito daquilo. Pior ainda, a imensa maioria não consegue nem manipular as fórmulas, sentindo frustração e incompetência (CHIQUETTO, 2011, p. 3).

Com a afirmação de Chiquetto (2011), em termos da educação básica, pode-se acrescentar ao mencionado que, quase em sua totalidade, todos os conteúdos de Física abordados na escola são oriundos de um período anterior ao século XX, o que provoca um distanciamento ainda maior do aluno em relação à escola e, em particular, à Ciência. Os conteúdos associados à Física Clássica estão distribuídos ao longo dos três anos do ensino médio, relegando ao final do último ano a possibilidade, não necessariamente a sua concretização, de abordar tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Esse dado está de acordo com o pensamento de Moreira, ao criticar a escola de hoje, especialmente por ela apresentar, aos alunos, conteúdos do século passado: “Estamos em pleno século XXI, mas a Física ensinada na escola é a do século XIX” (2011a, p. 6).

A necessidade de incluir conteúdos de Física Moderna e Contemporânea nos currículos do ensino médio tem sido fomentada por pesquisadores desde os anos 1990 (TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; SILVA; KAWAMURA, 2001; MACHADO; NARDI, 2006; CHAVES, 2010; FERREIRA, 2013). Tal necessidade ganhou força a partir do ano 2000, com a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais e de seus correlatos, editados na sequência (BRASIL, 2002; 2006), e mais recentemente com os estudos da base curricular nacional comum, ainda em fase de estruturação. Desde então, os livros de ensino médio vêm, timidamente, abordando tais conteúdos, que, aos poucos, chegam à escola, mesmo que ainda distante de sua efetiva presença em sala de aula.

Biazus (2015) e Giacomelli (2015), respectivamente, analisando, o ensino de mecânica quântica e de relatividade nos livros didáticos do ensino médio, apontam haver entre os autores dessas obras divergências em termos dos conteúdos e da forma de abordá-los. Os autores atribuem esses achados à recente inclusão de tais conteúdos, que ainda não passaram por um processo consolidado de transposição didática.

Soma-se à problemática apresentada a falta de discussões envolvendo temas como radioatividade, cuja importância reside no fato de estar cada vez mais presente na vida cotidiana das pessoas. O tema, que tem sido contemplado nos livros didáticos de Física do ensino médio, apresenta-se pouco relacionado às situações vivenciais e dificilmente é abordado pelos professores, sobretudo da rede pública, onde, em geral, os períodos destinados à disciplina são em número menor que na rede privada.

Diante desse contexto, no qual a temática se mostra relevante para o processo de formação dos estudantes no ensino médio e as obras didáticas apresentam pouca aproximação com as situações vivenciais, surge o problema de pesquisa que se pretende investigar ao longo deste texto: abordagens didáticas mais próximas das situações vivenciais dos alunos possibilitam dar mais significado ao objeto de estudo e contribuem para o seu envolvimento e a sua participação?

Frente a esse questionamento, e tendo em vista a necessidade de contemplar temas mais atuais e que permitam ao estudante exercer seu papel de cidadão frente à produção e utilização da ciência, apresenta-se o objetivo deste trabalho: investigar a aplicação de uma proposta didática para o ensino de radioatividade no ensino médio, partindo de uma abordagem centrada na relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). De forma mais específica, o trabalho busca criar uma alternativa para o ensino de radioatividade, que seja voltada a aproximar o tema das situações vivenciais dos estudantes, além de motivá-los para a aprendizagem em Física.

Justifica-se a escolha da abordagem CTS em consonância com o que especificam Santos e Mortimer (2002), ao mencionarem a necessidade de se alterar a característica bancária, fragmentada e descontextualizada que marca o ensino brasileiro. E para isso tem sido recomendado o uso de métodos interdisciplinares (BRASIL, 2000, p. 16) e da abordagem CTS. Por meio dessa última, ao mesmo tempo em que os conteúdos disciplinares são desenvolvidos no contexto escolar, sua relação com a sociedade e com a tecnologia também se fazem presentes. Além disso, segundo Santos e Mortimer (2002), o enfoque CTS possibilita abordar conteúdos relacionados com o cotidiano do aluno e, portanto, uma Física (Ciência) presente no século XXI.

A escolha do tema radioatividade deu-se, em primeiro lugar, por se tratar de um conteúdo pouco citado em livros didáticos, artigos e projetos voltados para o ensino de Física. Em segundo lugar, por ser veiculado nas mídias, muitas vezes, de forma sensacionalista, distante da realidade e do cotidiano dos jovens, considerando que a pesquisa foi realizada na cidade de Sertão, no interior do Rio Grande do Sul.

Para alcançar os objetivos mencionados e contemplar o tema radioatividade, o estudo parte da discussão sobre a vida e o legado de Marie Curie, uma das mais expressivas cientistas que a humanidade conheceu, tanto por suas descobertas quanto pela sua trajetória na carreira científica. Pioneira no estudo da radioatividade, descobrindo

o elemento químico rádio e o polônio, foi a primeira mulher a ganhar um prêmio Nobel, laureada duas vezes, mesmo diante de todo o preconceito de gênero que permeava a ciência. Suas pesquisas e as dificuldades enfrentadas no contexto em que estava inserida deixaram um legado que serve de exemplo, por sua perseverança e dedicação à ciência e à pesquisa (GUIMARÃES, 2001, p. 1-4).

Em termos dos aportes teóricos escolhidos para subsidiar a elaboração da proposta didática, o estudo recorre à abordagem CTS para discutir a importância de se abordar temas próximos do cotidiano e inserir no contexto educacional discussões envolvendo a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade, a fim de mostrar que a ciência é interdisciplinar. Além desse referencial, o estudo apoia-se na Teoria de Aprendizagem Crítica, de Marco Antônio Moreira, como forma de evidenciar a concepção de aprendizagem a partir do cognitivismo. Tal concepção possibilita a elaboração dos encontros, de modo a resgatar as ideias prévias dos alunos e discutir os conteúdos de maneira que o aluno seja o protagonista de sua própria aprendizagem.

Frente a esses referenciais, e por limitações textuais, estrutura-se o artigo de modo a, inicialmente apresentar elementos do referencial teórico, elucidando os caminhos trilhados na elaboração da proposta didática e na análise dos dados coletados a partir da sua aplicação. Na sequência, apresenta-se a proposta didática elaborada, para, na seção seguinte, discutir a sua aplicação. Ao final, e a título de conclusão, apresentam-se as considerações finais, nas quais se destacam a importância da atividade e sua validade para tornar os estudantes mais motivados e interessados pela Física.

Referencial teórico

Inicia-se o referencial teórico elucidando a abordagem CTS. Surgida no Brasil, nas décadas de 1960 e 1970, a abordagem CTS objetiva o letramento científico e a formação plena da cidadania, relacionando a ciência com o cientista, com o contexto histórico em que os avanços tecnológicos são feitos, bem como com a influência que a sociedade exerce em termos democráticos e éticos.

No artigo intitulado “Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), no contexto da educação brasileira”, Santos e Mortimer descrevem as principais características dos currículos norteados por esse enfoque, explicitando formas e categorias de sua inserção. Segundo os autores, é possível destacar alguns itens que identificam as orientações curriculares dessa abordagem:

- (i) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; (ii) a inclusão de conhecimentos e habilidades tecnológicos; (iii) a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 3-4).

Continuam os autores, destacando o objetivo principal da abordagem CTS:

O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar

decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 5).

Esse enfoque no ensino das Ciências nasceu do movimento CTS, que apresenta duas origens distintas, a americana e a europeia, com características próprias e peculiares. Cerezo (1998) afirma que o movimento hoje é uma mescla de características de ambas as vertentes, tornando-se desnecessária sua distinção, uma vez que a divisão marcou os anos iniciais do movimento, e atualmente as duas apresentam o mesmo objetivo: ultrapassar a visão positivista, herdada e tradicional, despertando a necessidade de se promover a participação pública dos cidadãos nas decisões que orientam e definem o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Ainda, segundo Cerezo (1998), hoje falar em CTS é considerar uma gama vasta de programas de colaboração multidisciplinar, com um mesmo núcleo comum, independente da tradição, perpassando programas filosóficos, sociológicos e históricos, enfatizando a dimensão social da ciência e da tecnologia.

A abordagem CTS propõe uma integração harmônica entre os conteúdos específicos e os seus processos de produção, o que pode levar os alunos a construir o seu próprio conhecimento. Nessa perspectiva, a educação em Ciências deve propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil (SILVA; PESSANHA; BOUHID, 2011).

Além dessa perspectiva teórica que subsidiou a elaboração da proposta, buscou-se apoio na Aprendizagem Significativa Crítica, defendida por Moreira (2011), como forma de enaltecer a concepção cognitivista da aprendizagem. Trata-se, de acordo com o teórico, de uma perspectiva que “permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela” (MOREIRA, 2011b, p. 226).

Os princípios dessa teoria, que subsidiaram a estruturação dos encontros, são assim definidos pelo autor: a) valorizar mais a formulação de perguntas e o encontro das dúvidas do que a formulação de respostas; b) trabalhar com múltiplas informações oferecidas na internet e saber selecionar o que importa; c) não centralizar o trabalho em um único livro-texto; d) utilizar mapas conceituais como suporte de aprendizado em situações de dúvida e erro e também como avaliação continuada e progressiva; e) usar vídeos e entrevistas como forma de valorização de tecnologias na sala de aula, dando suporte ao tradicional quadro-negro.

Tais elementos foram considerados no momento da elaboração e avaliação das atividades e dos encontros, especialmente em termos dos mapas conceituais construídos. Essa ferramenta didática foi criada por Joseph Novak no início dos anos 1970, e seu emprego no ensino pode ocorrer em diferentes momentos e com diferentes objetivos. Moreira (2006) lembra que os mapas conceituais servem como instrumento não só para avaliar a aprendizagem, mas também, e principalmente, para organizar dados e ideias que os alunos vão construindo. Isto é, um mapa conceitual é uma forma de organização direcionada a facilitar o aprendizado. “Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno” (CEREZO, 1988, p. 5).

Darroz e Cortez (2015) destacam que os mapas são diagramas que indicam relações entre conceitos, ou entre palavras que foram utilizadas para representar esses conceitos. Continuam os autores, mencionando que eles podem ser considerados como uma forma de estruturar o conhecimento, na medida em que permitem mostrar como o conhecimento, sobre determinado assunto, está organizado na estrutura cognitiva de seu autor, que, assim, pode visualizar e analisar sua profundidade e extensão. Por fim, destacam que os mapas podem, também, “ser entendidos como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicam como o autor estabelece as relações e as hierarquizações entre os conceitos listados” (DARROZ; CORTEZ, 2015, p. 57).

Proposta didática

A proposta didática foi desenvolvida em uma turma de terceiro ano de uma escola pública, na cidade de Sertão, no interior do Rio Grande do Sul. A amostra foi constituída por quinze alunos, em sua maioria, oriundos do campo, os quais vão à escola sem perspectivas de dar continuidade a seus estudos, especialmente em termos da realização de curso superior. O terceiro ano do ensino médio nessa escola tem, na grade curricular, dois períodos semanais de Física, e no plano de ensino constam os conteúdos de Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna.

Para alcançar o objetivo central da proposta e possibilitar que os estudantes se motivassem para estudar a temática radioatividade, ao mesmo tempo, oferecendo-lhes, condições para dialogar, decidir, compreender e intervir criticamente na sua própria comunidade, escolheu-se como mote central a vida e o legado de Marie Curie, conforme mencionado na introdução deste texto.

A proposta foi estruturada em dezoito períodos, sendo dez na disciplina de Física e oito em turno extraclasse, fora da carga horária, durante o segundo semestre do ano letivo. Como ferramentas didáticas, selecionaram-se diferentes instrumentos, incluindo pesquisas bibliográficas, mapas conceituais, filme, entrevistas e uma videoconferência com um pesquisador da área de Física Nuclear.

A seguir, relatam-se os encontros realizados, como forma de contextualizar o projeto aplicado com a turma. Na sequência, a título de resultados, apresenta-se uma reflexão sobre os encontros, dando destaque à análise dos mapas conceituais construídos na sétima etapa, comparando-os com os mapas conceituais construídos na segunda etapa da proposta.

Primeira etapa

Nesta etapa, ocupando um total de dois períodos, ocorreram a apresentação do projeto e a discussão das diferentes etapas a serem desenvolvidas nos próximos encontros, explicando-se a necessidade de dar continuidade às atividades em horário extraclasse.

Na sequência, com o objetivo de resgatar os conhecimentos prévios dos alunos, já internalizados por meio das mídias e da troca de informações entre os participantes, a

turma foi convidada a se organizar em seis grupos de cinco componentes. A ideia era que cada educando participasse de dois grupos distintos, segundo suas próprias escolhas, com colegas de pesquisa oriundos de outros grupos, a fim de estar sempre participando de forma indireta da evolução dos demais. Os grupos foram separados por áreas de estudo, conforme o Quadro 1:

Quadro 1: Distribuição das áreas de estudo por grupo

Grupos	Áreas de especialidade
Grupo 1	História, Filosofia e Sociologia
Grupo 2	Química
Grupo 3	Matemática
Grupo 4	Medicina e Biologia
Grupo 5	Energia Nuclear e Tecnologia
Grupo 6	Divulgação das pesquisas feitas pelos grupos para a comunidade escolar

Fonte: Os autores

Depois de organizados, os estudantes foram até a biblioteca da escola, com vistas a procurar livros e revistas sobre radioatividade, independentemente do tipo de revista ou da área do conhecimento do livro. Em seguida, já no laboratório de informática, utilizando a internet, fizeram buscas por artigos, reportagens, históricos e informações didáticas sobre o tópico, relacionando-o com a linha de delimitação de cada grupo. Optou-se por não salvar nem citar as pesquisas feitas nesta fase, pois serviriam apenas como um convite à pesquisa, e não como base para a retirada de informações.

O objetivo principal desta primeira etapa era evidenciar, para os alunos e para toda a comunidade escolar, que as mídias podem ser úteis quando se tem um propósito e que grande parte daquilo que os jovens conhecem sobre radioatividade e sobre a área de Física vem das mídias como revistas, jornais, TV e internet. Segundo Moreira (2011), proporcionar aos estudantes momentos de busca representa um tipo de aprendizagem que também permitirá detectar, por exemplo, falsas verdades e dicotomias, as causalidades ingênuas. Contudo, deve ficar claro que esse princípio não implica negar a validade de momentos explicativos em que o professor expõe um assunto (MOREIRA, 2011b, p. 228).

Segunda etapa

A segunda etapa ocorreu duas semanas após a primeira e utilizou dois períodos. Este momento foi destinado para que os alunos discutissem a importância da organização dos dados coletados para a própria assimilação e para posterior apresentação. Como sugestão, apresentou-se para o grupo a possibilidade de uso dos mapas conceituais, recurso totalmente desconhecido até então. Utilizando o quadro e projeções de multimídia, os alunos tiveram acesso à forma de construção dos mapas conceituais, tanto com o uso de computador como de maneira manuscrita. Na mesma aula, os grupos começaram a organizar seus primeiros mapas, empregando somente conhecimentos prévios já internalizados e informações que haviam selecionado na primeira etapa.

O uso dos mapas conceituais nesta etapa deu-se porque, além de eles serem um instrumento de avaliação progressiva e continuada do processo, possibilitam a organização de dados e ideias que os alunos vão construindo, essencial neste momento de introdução da temática em estudo.

Segundo Moreira:

Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno (MOREIRA, 1988, p. 5).

Apresentam-se, nas Figuras 1, 2, 3 e 4, os mapas conceituais construídos pelos estudantes em seus grupos de trabalho, cuja análise ocorrerá de forma comparativa com os mapas elaborados na sétima etapa. Destaca-se que os alunos dos Grupos 2 e 3 optaram por construir o mapa de forma conjunta, iniciativa decorrente de dificuldades de organização dos alunos de ambos os grupos.

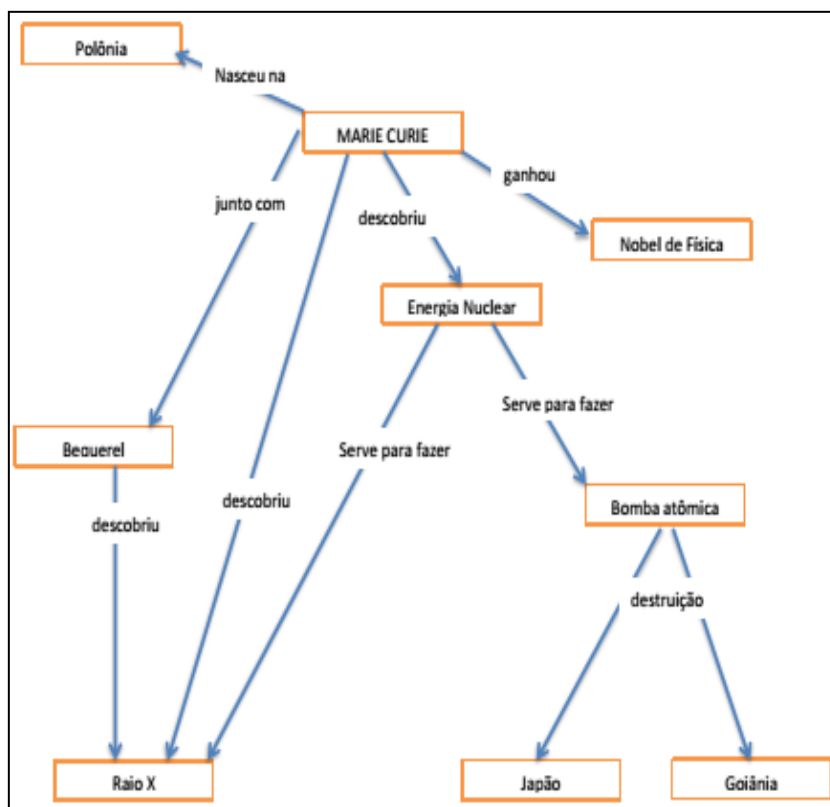


Figura 1: Mapa construído pelos alunos do Grupo 1 – segunda etapa

Fonte: Dados da pesquisa.

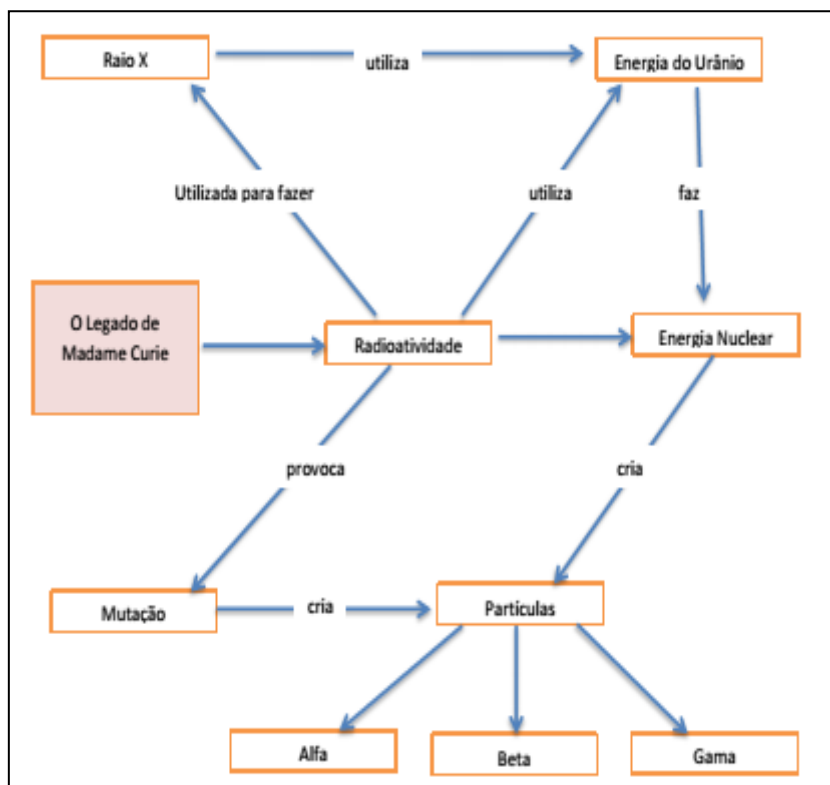


Figura 2: Mapa construído pelos alunos dos Grupos 2 e 3 – segunda etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.



Figura 3: Mapa construído pelos alunos do Grupo 4 – segunda etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

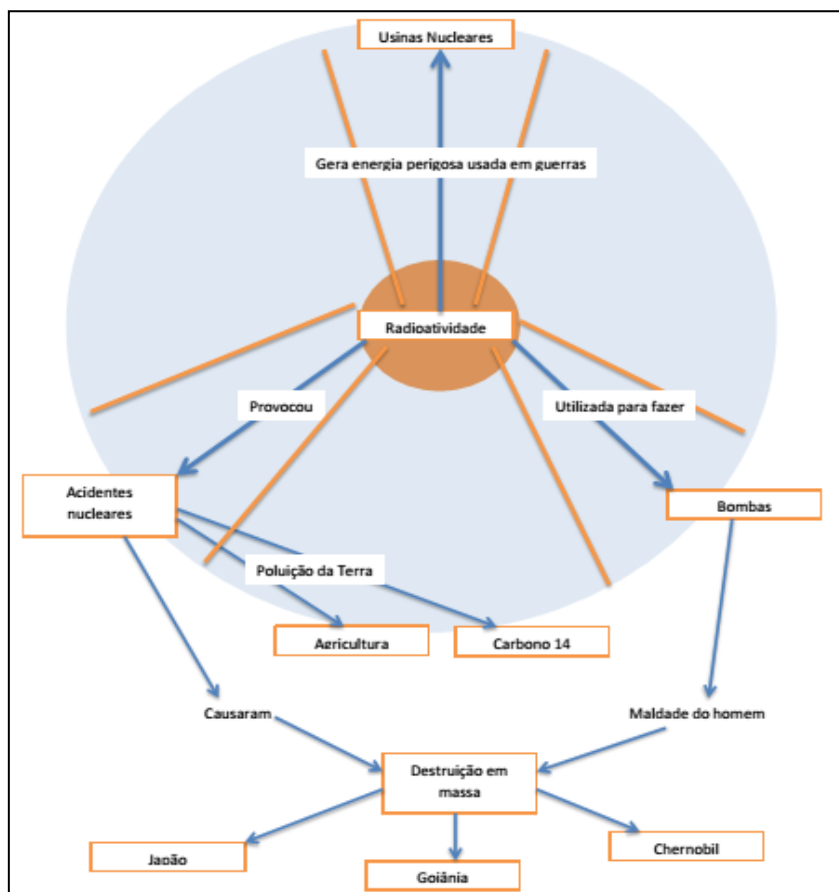


Figura 4: Mapa construído pelos alunos do Grupo 5 – segunda etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

Terceira etapa

Nesta etapa, ocupando três períodos, os alunos assistiram ao filme *Madame Curie* (2013), que consiste em uma adaptação inspirada na biografia escrita por Eve Curie, filha da Madame Curie, e retrata a vida da célebre física franco-polonesa. A escolha por esse filme deveu-se, principalmente, ao fato de a produção retratar, com qualidade, a realidade que vive o cientista, a forma de evolução das pesquisas, as angústias e as conquistas, a aceitação da sociedade diante de uma descoberta e a questão do gênero: como a comunidade científica recebia a mulher pesquisadora. Esse conjunto de indicativos estão coerentes com a proposta do enfoque CTS, ao proporem a desmitificação da ciência como neutra e pura (CEREZO, 1998).

Corroborando, o uso de vídeo como ferramenta facilitadora no ensino de Física é defendido por Morán, ao destacar que:

O vídeo parte do concreto, do visível, do imediato, próximo, que toca todos os sentidos. Mexe com o corpo, com a pele, nos toca e "tocamos" os outros, estão ao nosso alcance através dos recortes visuais, do close, do som estéreo envolvente. Pelo vídeo sentimos, experimentamos sensorialmente o outro, o mundo, nós mesmos (MORÁN, 1995, p. 28).

Quarta etapa

Como fora previsto inicialmente, ao planejar a pesquisa, esperava-se que surgiriam muitas dúvidas e discussões durante as etapas vivenciadas, com análises e busca por respostas equivocadas e distorcidas. Começou-se, assim, diante deste contexto de dúvidas e afirmações confusas por parte dos estudantes, a trabalhar na quarta etapa do projeto.

Nessa fase, ocorreram as aulas expositivas com utilização de quadro, projeção de imagens e de trechos de vídeos e animações da internet. As aulas foram divididas em quatro encontros de dois períodos. Previamente a esses momentos, os grupos pesquisaram sobre determinada abordagem ou linha envolvendo a temática. Desse modo, os estudantes iniciaram o debate da aula, relatando as informações obtidas, dúvidas e possíveis respostas para questionamentos feitos por colegas de outros grupos. Essas discussões foram acompanhadas pelas intervenções do professor, que recorreu à material de autoria própria para a abordagem do tema. Durante as aulas, as novas dúvidas que surgiam passavam por uma espécie de seleção, feita pelos próprios alunos, e integravam o banco de questões que seriam enviadas a especialistas fora do contexto escolar.

Justifica-se esta etapa pela necessidade de organização de conceitos e teorias de forma qualitativa e quantitativa, criando condições de se discutir o conteúdo cientificamente e possibilitando um aprendizado com aprofundamento, para além da curiosidade.

Quinta etapa

Concomitantemente à quarta etapa, os alunos fizeram a gravação de vídeos de curta duração, de forma artesanal, ou seja, sem recursos de iluminação ou técnicas de filmagem, utilizando somente máquinas fotográficas ou celulares com o recurso de gravar vídeos. Essas gravações continham questões que foram enviadas a um grupo de especialistas, formado por um professor de química, um filósofo, um professor de história, um médico, um engenheiro agrônomo especialista em sementes modificadas, um profissional da área de radiologia e um pesquisador em física nuclear. O objetivo dessa tarefa era que os profissionais selecionados acolhessem a proposta e respondessem aos questionamentos dos grupos dos alunos da mesma forma que os receberam, ou seja, via gravação de vídeo.

Considera-se que esta etapa serviu como um “divisor de águas” para os estudantes, pois estes começaram a perceber que todo o estudo realizado tinha outra proposta, diferente da tradicional. Ao que facilmente percebeu-se, eles passaram a entender que as discussões que faziam, selecionando questões, interagindo com especialistas, ensinando colegas e relacionando o estudo com situações familiares vinculadas à medicina e à agricultura, tornavam os conteúdos escolares realmente importantes.

Observou-se que nesta fase os alunos se sentiram envolvidos na busca de conhecimento (muitos motivados por questões familiares de doenças), considerando-se,

de fato, agentes responsáveis por essa busca. Segundo Santos e Mortimer, esses momentos pressupõem:

[...] a autoestima, a comunicação escrita e oral, o pensamento lógico e racional para solucionar problemas, a tomada de decisão, o aprendizado colaborativo/cooperativo, a responsabilidade social, o exercício da cidadania, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 5).

Os vídeos com as respostas foram enviados pelos especialistas por *e-mail*, sendo utilizados ao lado das pesquisas realizadas pelos estudantes. Esse conjunto de recursos integrou a atividade desenvolvida nas duas últimas etapas do projeto, conforme se relata na continuidade.

Sexta e sétima etapas

Nestas etapas, que contaram com a participação de toda a comunidade escolar, foram apresentadas as gravações com as perguntas dos alunos e as respostas dos profissionais. Cada atividade durou aproximadamente uma tarde, tendo sido realizada fora da carga horária da disciplina de Física.

Inicialmente, foram apresentados os vídeos contendo as respostas dadas pelos especialistas entrevistados pelos alunos, envolvendo questionamentos sobre o uso da radioatividade nas lavouras, o diagnóstico de doenças, o tratamento da doença de câncer, o uso da radioatividade para obtenção de energia e o risco de acidentes. Todos esses temas foram relacionados com questões sobre agrotóxicos, plantas transgênicas, uso de raios X na área da saúde, formas alternativas de produção e transformação de energia e acidentes diversos que ocorrem na região, afetando notadamente o meio ambiente. Com a configuração de um seminário, e mediante algumas intervenções, as discussões ocorreram de modo que os alunos do terceiro ano puderam explicar aos demais participantes o que é radioatividade, o que ela influencia e qual a sua importância para a sociedade.

Para fechar as discussões, o professor, pesquisador e físico nuclear do Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dr. Johnny Ferraz Dias, ministrou uma palestra, via videoconferência, envolvendo a temática da radioatividade. O objetivo da atividade foi oportunizar aos alunos envolvidos no projeto, e igualmente aos demais participantes, o contato com um cientista e especialista da área. Para tanto, com antecedência foi enviado ao professor Johnny um conjunto de perguntas, as quais serviram de base e nortearam a sua fala durante a primeira parte da videoconferência. Na sequência, os participantes, tanto os alunos do terceiro ano quanto os demais membros de toda a comunidade escolar, puderam questionar e debater o tema em estudo com o palestrante.

Ao final, e já na sétima etapa, os alunos envolvidos no projeto, organizados nos mesmos grupos da segunda etapa, construíram novos mapas conceituais referentes ao tema designado para seu respectivo grupo, conforme apresentado anteriormente no Quadro 1. O intuito de repetir a mesma atividade foi avaliar a evolução dos conceitos e a

forma como os estudantes assimilaram as discussões realizadas durante o desenvolvimento do projeto.

As Figuras 5, 6, 7 e 8 a seguir apresentam os mapas conceituais construídos nesta etapa.

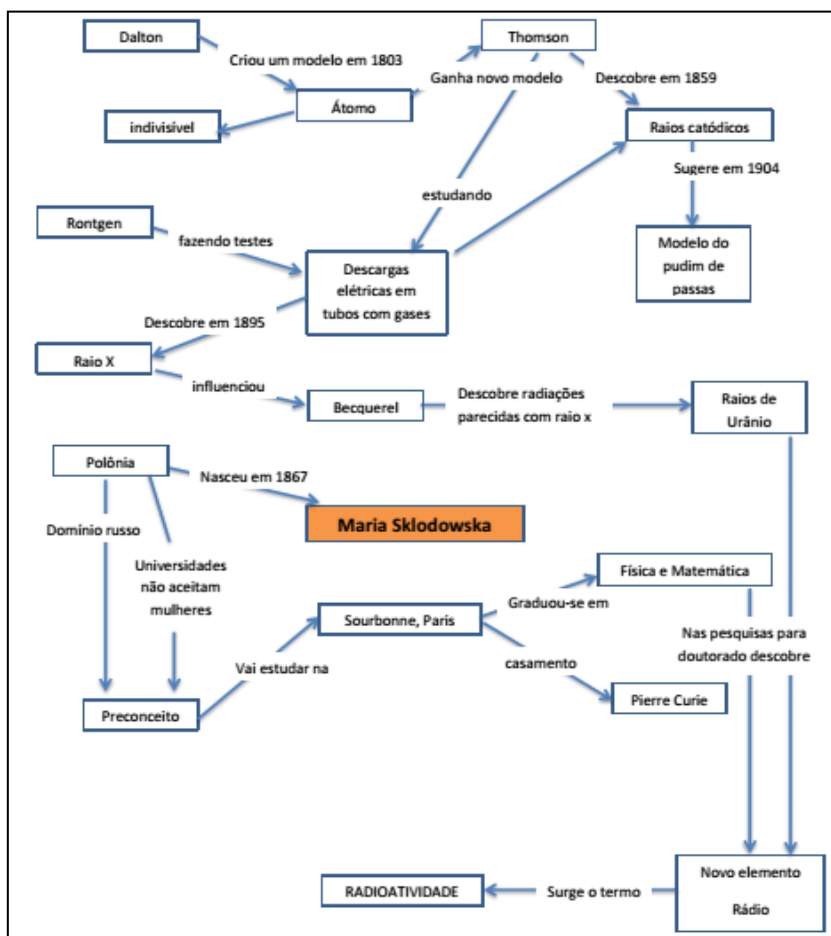


Figura 5: Mapa construído pelos alunos do Grupo 1 – sétima etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

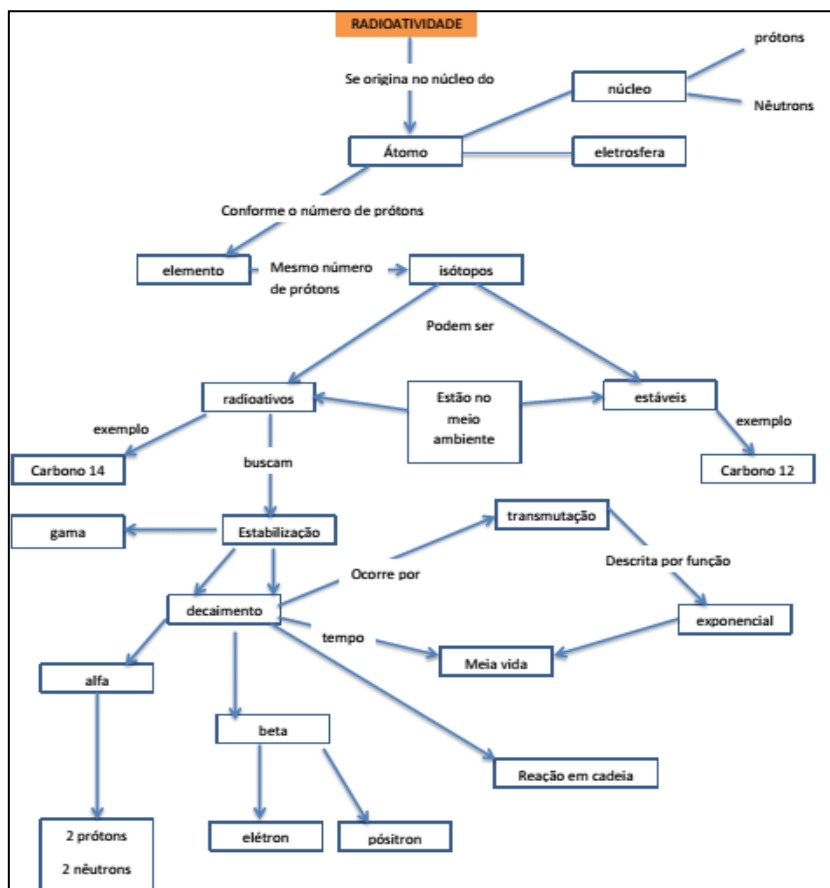


Figura 6: Mapa construído pelos alunos dos Grupos 2 e 3 – sétima etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

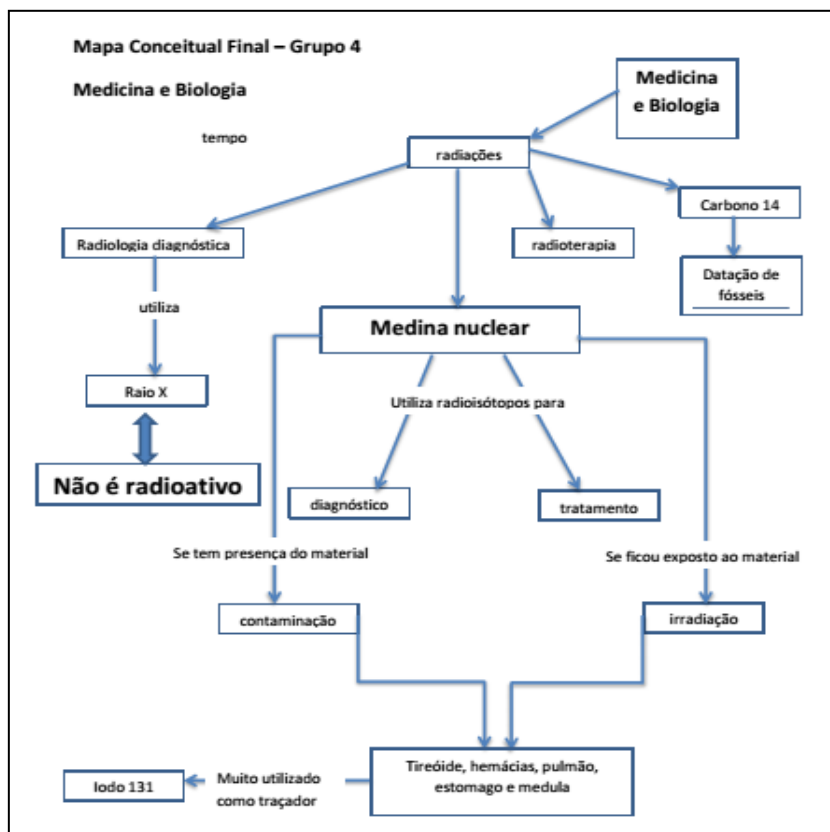


Figura 7: Mapa construído pelos alunos do Grupo 4 – sétima etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

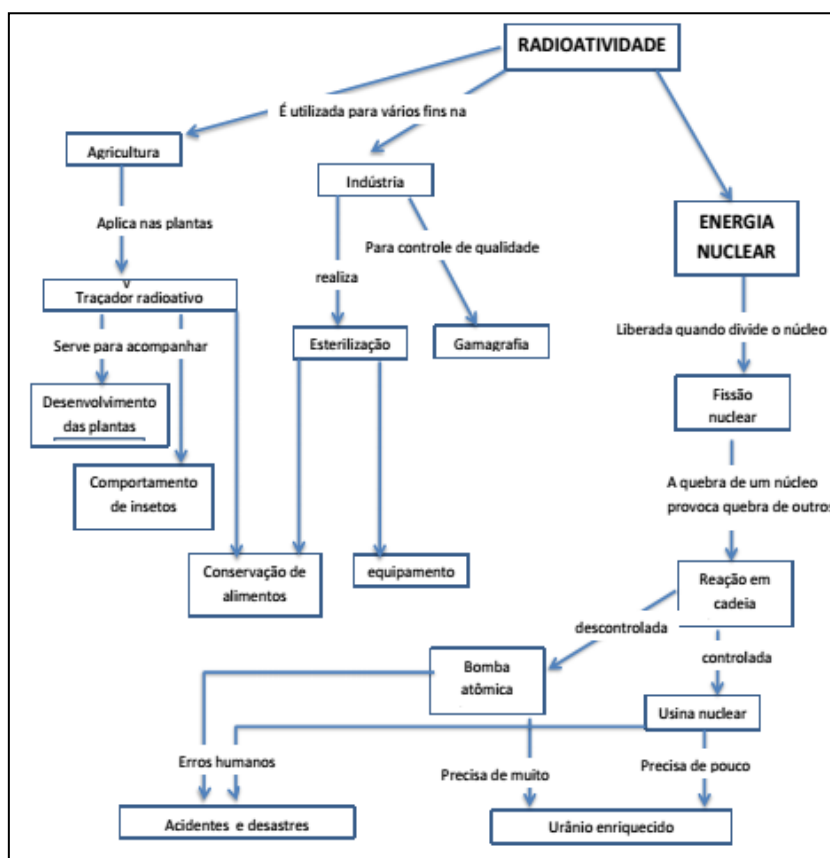


Figura 8: Mapa construído pelos alunos do Grupo 5 – sétima etapa
 Fonte: Dados da pesquisa.

Resultados

A aplicação deste projeto, a exemplo de outras situações didáticas, resulta em aprendizado tanto para alunos quanto para professores. Aspectos positivos e negativos puderam ser observados ao longo da sua execução; contudo, o mais relevante foi a acolhida seguida do envolvimento dos alunos com a atividade.

Durante toda a aplicação perceberam-se dificuldades, especialmente ao se propor uma metodologia ativa, na qual os alunos deveriam assumir a condição de protagonistas no processo de construção dos saberes. Ir ao laboratório de informática para realizar uma pesquisa sem que houvesse uma pergunta definida, ter a possibilidade de questionar especialistas e sistematizar seus conhecimentos por meio de mapas conceituais foram alguns dos momentos em que os alunos demonstraram dificuldades.

O filme utilizado no desenvolvimento do projeto, por sua vez, contribuiu para discutir a imagem do ser cientista, a importância de se entender o contexto social e cultural presente na época em que um conhecimento é produzido e a influência de questões como as relacionadas ao gênero. Os aspectos trazidos pelo filme constituem saberes que dificilmente os alunos encontram nos livros didáticos, mas que se tornam relevantes, na medida em que fornecem elementos favoráveis à compreensão do modo pelo qual o conhecimento é produzido e divulgado pela comunidade científica.

As gravações das perguntas também constituíram um diferencial na proposta. Os alunos relutaram diante dessa atividade, especialmente no início, por envolver a necessidade de se expor. No entanto, no seu decorrer, acabaram se envolvendo e atribuindo grande valor ao realizado. De positivo, percebe-se que, quando os alunos aceitam e acreditam em uma atividade, esforçam-se para realizá-la da melhor maneira possível. O fato de ter que estruturar uma pergunta dirigida a especialistas trouxe a necessidade de estudar mais profundamente o assunto, e isso evidenciou que a formulação de perguntas representa uma boa estratégia de aprendizagem.

Como se imaginava, a atividade mais significativa da proposta ocorreu ao final de sua aplicação. A participação de especialistas, via vídeos gravados, e a videoconferência com o físico nuclear representaram um momento de grande entusiasmo para todos. Os alunos sentiram-se verdadeiros *experts* na área de pesquisa, valorizados pela comunidade escolar, especialmente pelo fato de toda a escola ter assistido às entrevistas, assim como à palestra proferida pelo pesquisador na área de física nuclear.

Em relação à análise comparativa entre os mapas conceituais construídos pelos alunos na sétima etapa com os mapas conceituais construídos na segunda etapa, o objetivo consistia em observar indícios capazes de confirmar a potencialidade da metodologia utilizada para promover uma organização hierárquica dos conceitos abordados na estrutura cognitiva dos estudantes. Além disso, procurou-se verificar se a forma como os participantes dispuseram e relacionaram os tópicos nos mapas apontaria uma diferenciação progressiva e uma reconciliação integrativa capazes de proporcionar uma aprendizagem significativa dos temas estudados.

A versão inicial dos mapas construídos apresentou os principais conceitos abordados no estudo, porém, a conexão linear apresentada, somada à má exploração de conectores adequados, demonstrou que os participantes tiveram dificuldades em perceber, nitidamente, as relações entre esses conceitos. Acredita-se que a própria falta de hábito de construir mapas conceituais tenha sido o principal obstáculo enfrentado pelos grupos. É importante destacar que, durante o processo de construção dos mapas, os estudantes não tinham muita clareza sobre quais eram os conceitos relevantes e as conexões existentes entre os assuntos abordados.

Nas comparações entre os mapas das duas etapas, notou-se uma significativa melhora entre as versões iniciais e finais, a qual se atribui aos estudos realizados no decorrer das diferentes etapas. Nas versões finais, houve a manutenção da ordem hierárquica dos conceitos, em termos de importância, com ampliação do número de conceitos fundamentais. Nessas versões, ocorreram desdobramentos de conceitos mais globais em outros menos inclusivos, indicando a capacidade de realizar a diferenciação conceitual progressiva. Observou-se, ainda, a inserção de novos elos entre tópicos de ramos conceituais distintos, ou seja, determinados conceitos foram relacionados com outros aparentemente diferentes, demonstrando que os participantes conseguiram, também, promover a reconciliação integrativa dos temas abordados. Além disso, mostraram-se muito satisfatórias as discussões sobre as diferentes situações de ensino que podem fazer uso do mapeamento conceitual.

Por fim, e em termos mais gerais da proposta didática desenvolvida, o que fica evidenciado neste trabalho não é concluí-lo com os alunos tendo se apropriado de

conceitos e relações – pois talvez pudessem obter esses mesmos conhecimentos por outros meios –, mas o entusiasmo e a busca constante pelo saber. O que merece ser destacado é o envolvimento e o prazer em aprender mais, o aprender para a vida, relacionando a Ciência com a Tecnologia e a Sociedade. Ou seja, aprender um conhecimento útil e vinculado à própria vida. Isso, sim, possibilita dar sentido ao estudo e à escola.

Por sua vez, a vida de Marie Curie, com sua carreira permeada de obstáculos, causou em alguns uma espécie de indignação, servindo para muitos como motivação para lutar por seus sonhos. Foi uma espécie de fonte inspiradora e motivadora.

Conclusão

Após a realização dessa atividade, mesmo diante dos desafios que a educação impõe e das dificuldades de comprovar eficácia de propostas alternativas de ensino, pode-se mencionar que o resultado do trabalho foi satisfatório. A utilização de ferramentas que incentivam a participação e o envolvimento dos alunos possibilitou que o ensino se tornasse algo desejado, assumindo *status* de importante em suas vidas.

Não se buscou com esta proposta criar um banco de informações sobre o tema radioatividade; procurou-se – e acredita-se ter alcançado o propósito – compartilhar esta proposta motivadora e envolvente, utilizando alguns tópicos trazidos pelos referenciais adotados. Por fim, ressalta-se que não fazia parte dos objetivos deste estudo levantar dados quantitativos de aprendizado, nem fornecer um banco de respostas sobre radioatividade na voz de especialistas da área, mas ficam essas sugestões para futuras aplicações deste projeto. Por ora, seu objetivo principal foi alcançado, tendo em vista que alunos antes desmotivados e desinteressados pelo estudo da Física passaram a perceber que fórmulas matemáticas, leis e conceitos são importantes, pois fazem parte de um todo muito maior, que só se atinge quando o interesse e a vontade de aprender são despertados.

Referências

BIAZUS, Marivane de Oliveira. **Tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio**: interfaces de uma proposta didática para mecânica quântica. 2015. Dissertação de Mestrado – Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Passo Fundo, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, Brasília: 2002.

_____. _____. **Orientações curriculares para o ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

CEREZO, José Antonio López. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 18, p. 41-68, 1998.

CHAVES, Francisco G. **Uma proposta de inserção de conteúdos de Mecânica Quântica no ensino médio, por meio de um curso de capacitação para professores em atividade**. 2010. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Brasília, 2010.

CHIQUETTO, Marcos José. O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. **Revista Ecurrículum**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2011.

DARROZ, L. M.; CORTEZ, J. Mapas conceituais: um curso de capacitação para professores da educação básica. **Experiência**, Santa Maria, UFSM, v. 1, n. 2, p. 54-65, jul./dez. 2015.

GIACOMELLI, Alisson Cristian. **Compreendendo a teoria da relatividade**: uma proposta didática para o ensino médio. 2015. Dissertação de Mestrado – Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Passo Fundo, 2015.

GUIMARÃES, Maria. Ciência, palavra (pouco) feminina. **Revista Pesquisa FAPESP**, Edição 190, p. 1-4, 2001.

MACHADO, Daniel I.; NARDI, Roberto. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hiperídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MORÁN, José Manuel. O vídeo na sala de aula. **Revista Comunicação e Educação**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 27-35, 1995.

MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo. **Revista Galáico Portuguesa de Sócio Pedagogia y Sócio-Lingüística**, p. 23-28, 2002.

_____. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2006.

_____. **Física de partículas**: uma abordagem conceitual e epistemológica. São Paulo: Livraria da Física, 2011a.

_____. **Teorias de aprendizagem**, 2ª. ed., São Paulo: EPU, 2011b.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

SANTOS, Wildson L. P. dos; MORTIMER, Eduardo F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.

SILVA, José Alves da; KAWARURA, Maria Regina D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 317-340, 2001.

SILVA, F. L. da; PESSANHA, P. R.; BOUHID, R. **Abordagem do tema controverso Radioatividade/Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio**: um estudo de

caso. Em: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, 2011. Anais... Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas 2011.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média**. 1994. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo, 1994.

Submissão: 01/03/2017

Aceite: 07/12/2017