

UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS PARA O TÓPICO RADIAÇÕES IONIZANTES

A DIDACTIC EXPERIENCE WITH POTENTIALLY SIGNIFICANT TEACHING UNITS FOR THE TOPIC IONIZING RADIATIONS

Leomar De Bortoli^{1*}, Alexandre Mesquita², Marilda Machado Spíndola²

¹Colégio Cenecista de Bento Gonçalves – Bento Gonçalves – Rs – Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – UCS – Caxias do Sul – RS – Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho é a proposta da utilização de uma sequência didática para preparar e orientar estudantes do ensino médio em uma visita técnica ao setor de radiologia hospitalar. Este é um recurso potencialmente significativo no ensino de radiações ionizantes e visa ampliar a qualidade na formação do estudante de ensino médio, a partir de experiências que os locais não formais de ensino oferecem. Considerando que a escola deve formar indivíduos para o exercício da cidadania, ela precisa apresentar os conteúdos de uma forma mais aproximada ao cotidiano do aluno. A visita técnica é um recurso didático-pedagógico que permite aos estudantes poderem observar os conceitos analisados em sala num ambiente real, tornando o processo mais motivador e significativo para a aprendizagem, fazendo com que se amplie ao estudante o conceito de integração, de reflexão e ação, teoria e prática. Tendo em vista a importância da utilização da visita técnica, é necessária a sistematização das várias etapas pelas quais passam a sua execução, tanto em nível da prática pedagógica como da investigação teórica, através da ação do planejamento, baseada na estratégia das unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS). Foi gerada uma sequência didática em 8 aulas que envolveram a preparação prévia da visita técnica ao setor de radiologia hospitalar, a visita em si, e a abordagem posterior para consolidação dos conteúdos, a fim de permitir que professores interessados em trabalhar o tema radiações ionizantes possam compartilhar a mesma experiência. Para a análise dos resultados foram utilizados métodos qualitativos de resposta a questionários, construção de mapas conceituais, dramatização e construção de maquetes.

Palavras-chave: Radiação ionizante; visita técnica; aprendizagem significativa.

Abstract: The objective of this work is to propose a didactic sequence to prepare and guide high school students for technical visit to the hospital radiology department as a potentially significant feature in the teaching of ionizing radiation and increase the quality of training of a high school student, from experience that no formal local educational offer. Whereas the school must train individuals for the exercise of citizenship, it must display the contents of a more closely to the daily life of the student. The technical visit is a didactic-pedagogic resource that get great educational results, as students can observe the concepts discussed in class in a real environment, making it more motivating and meaningful process for learning, causing it to expand the student the concept of integration, reflection and action, theory and practice. Given the importance of using technical visit, the systematization of the various stages through which

* euller_platao@yahoo.com.br

they pass their implementation is needed both in terms of pedagogical practice and theoretical research by planning action based strategy potential of teaching units significant (LIFO). A didactic sequence 8 classes involving the prior preparation of the technical visit to the hospital radiology department has been generated, the business itself, and the posterior approach to consolidation of the contents in order to allow teachers interested in working the subject ionizing radiation can share the same experience. For the analysis of the results were used qualitative methods of response to questionnaires, building conceptual maps, role play and building models.

Keywords: Ionizing radiation; technical visit; meaningful learning.

1. Introdução

Considerando que a escola possui o grande desafio de formar indivíduos preparados para o exercício da cidadania, deve-se considerar que o ambiente escolar precisa apresentar os conteúdos de uma forma mais aproximada ao cotidiano do estudante. Como destacado na carta ao professor, no MEC: "A qualidade da escola é condição essencial de inclusão e democratização das oportunidades no Brasil, e o desafio de oferecer uma educação básica de qualidade para a inserção do aluno, o desenvolvimento do país e a consolidação da cidadania é tarefa de todos" (BRASIL, 2006). Na Física, há temas que são pouco trabalhados, mas que por sua importância podem contribuir para o cumprimento de tal diretriz. O que também é destacado pelo MEC: "... fácil de ser constatado ao analisarmos os livros didáticos tradicionais, diz respeito à ausência nesses de muitos dos conhecimentos necessários à compreensão do mundo contemporâneo. Não estão presentes, por exemplo, conhecimentos de Física que permitam compreender as telecomunicações, internet, telefonia celular, ou a contribuição da Física aos desenvolvimentos atuais da área de diagnóstico médico, ou, ainda a Física dos fenômenos ambientais..." (BRASIL, 2003). Um desses temas é Radiações Ionizantes (RI). Seu conteúdo é importante, pois está difundido na sociedade atual em contextos que vão da aplicação hospitalar à produção de energia em usinas nucleares, culminando com as questões bélicas a respeito de armas de destruição em massa. Porém, no Ensino Médio é difícil de ser abordado, pois nos cronogramas escolares ele é reservado geralmente para o final do terceiro ano, e está incluído no tópico de Física Moderna. Como destacado por (BRASIL, 2003), isto é inaceitável, pois prejudica a alfabetização científica e tecnológica e rompe a conexão entre a Física e o cotidiano do estudante. A jornalista Kika Salvi (2011), numa reportagem publicada na revista Nova Escola, 2011, intitulada Radioatividade: como Trabalhar o Assunto em Sala de Aula, destaca as palavras de Fúrio Damiani, docente de Física da Unicamp, e explica porque é importante aproximar o conteúdo do cotidiano dos alunos: "eles precisam entender o impacto daquilo em sua vida e é possível mostrar que esse fenômeno não está tão afastado de nós." Salvi (2011). Quando uma discussão com os estudantes sobre Radiação Ionizante (RI) é aberta, espera-se que eles falem sobre o que sabem ou o que imaginam saber a respeito desse assunto. Geralmente surgem questões sobre o que é divulgado nos meios de comunicações como, por exemplo, o acidente em Chernobyl, o acidente em Goiânia, o desastre no Japão, etc. Através desses questionamentos e conjuntamente com as informações que o professor possui, os alunos podem perceber que a radiação ionizante pode ser utilizada em diversas frentes. Mas, ao mesmo tempo questionam-se sobre o porquê de sua utilização, uma vez que ela pode ser tão prejudicial. Na dissertação A

Física das Radiações em Sala de Aula: Do Projeto à Prática, desenvolvido por Pereira (2014), o autor enfatiza que um sério esforço deve ser feito nos currículos de Física do Ensino Médio de modo a abordar o tema, caso contrário, um aspecto importante da nossa vida moderna continuará a ser um mistério para os estudantes. Com o intuito de aprimorar o ensino das RI, Souza (2009), na sua dissertação Física das Radiações: Uma Proposta Para o Ensino Médio, propõe atualização curricular do ensino de ciências através da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, e apresenta uma sequência didática de um curso de Física das radiações voltado para o Ensino Médio. Uma ferramenta potencializadora para que o estudante adquira condições de correlacionar o conhecimento científico sobre radioatividade com o cotidiano e possa entender as relações e implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade.

A construção de um laboratório na escola para o estudo das radiações ionizantes torna-se inviável, tendo em vista que essa construção deve levar em conta vários quesitos, tais como projeto de construção e de instalações de sistemas geradores de RI, seguindo recomendações específicas de acordo com normas de segurança, necessidade de equipe técnica para operação de equipamentos e todos os custos envolvidos no processo. Mas essa limitação pode ser superada e o contato com o conteúdo RI, pelo estudante, pode ser mediado pelas visitas técnicas em ambientes hospitalares que utilizam a RI. Nestes locais os estudantes poderão observar a rotina dos setores, a disposição dos equipamentos, trocar informações com os técnicos e perceber o nível de formação necessária para atuar nessa área. Silva (2012) propõe o ensino de radiações ionizantes por meio de produção de vídeos por alunos da 3ª série do Ensino Médio a partir de dados coletados por meio de uma entrevista, de atividades escritas pelos alunos, de transcrições dos diálogos ocorridos durante as atividades e da visita técnica ao setor de Radioterapia.

Com o objetivo de melhorar o entendimento dos estudantes no que se refere ao conteúdo de RI, o presente trabalho apresenta uma proposta didático-pedagógica de ensino baseada na estratégia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que busca tornar um tópico de alta complexidade acessível aos alunos do Ensino Médio. Para avaliar a possibilidade dessa proposta como instrumento efetivo no processo de aprendizagem, uma turma de alunos da 3ª série do Ensino Médio foi preparada e conduzida a uma visita ao setor de radiologia de um hospital de sua região. No processo de preparação para a visita, inicialmente foi oportunizado um espaço para o diálogo, momento no qual os alunos falaram o que sabiam sobre o tema RI. No período anterior a visita técnica, também foi aplicado um questionário para identificação do conhecimento a priori sobre RI. Após esta etapa, foi solicitado aos estudantes a construção de um mapa conceitual, com o objetivo de observar quais foram os conhecimentos adquiridos sobre RI através das pesquisas bibliográficas e dos documentários, tais como: Chernobyl, Césio 137, acidente em La Plata e etc. Após a visita técnica ao setor de radiologia, foi solicitado novamente a construção de um mapa conceitual e aplicado outro questionário, com o objetivo de remapear o conhecimento aprimorado com as atividades propostas. Também foi proposta a construção de maquetes e dramatização (com teatro) sobre os setores e equipamentos observados.

2. Referencial Teórico

Para Ausubel (1980, 2000), o processo de aprendizagem significativa inicia a partir do conhecimento prévio do estudante, já organizado na sua estrutura cognitiva, que interage e reorganiza com novas informações adquiridas. As informações que o estudante possui na sua estrutura cognitiva servem como ponto de ancoragem para os novos conceitos ou ideias, agregando-os aqueles pré-existentes. Os conhecimentos que o aprendiz já possui são denominados de subsunçores e, quando estes interagem com novas ideias, modificam-se ocorrendo novos significados. Ao longo da aprendizagem, o estudante adquire conhecimentos que serão utilizados em situações posteriores. Quanto ao conteúdo a ser proposto ao aluno, Ausubel (1980) defende que se obedeça a dois princípios básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. De acordo com Moreira (2012), a diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização deste subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. Sabe-se que a partir da interação das informações contidas na estrutura cognitiva do estudante (conhecimento prévio) com as novas informações progressivamente adquiridas, processam-se novos significados, que resultam num conhecimento com melhor refinamento e diferenciado, que vai servir de suporte para novas interações cognitivas. A reconciliação integradora, de acordo com Moreira (2012), ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. Durante a aprendizagem, os conceitos que interagem com o novo conhecimento e servem de alicerce para os novos significados, que graças à interação, também vão se modificando, adquirindo novos significados e se diferenciando progressivamente. Quando o estudante consegue perceber e integrar a diferença dos significados, mostra-nos indícios de que houve uma aprendizagem significativa. Nesse sentido, segundo Ausubel (2003), “estes novos significados emergentes são armazenados e organizados no intervalo de retenção (memória), com as ideias ancoradas correspondentes”, onde percebemos um processo de assimilação e de retenção do conhecimento. A aprendizagem significativa não é aquela que o estudante nunca esquece, mas sim, aquela que proporciona maior intervalo de retenção do conhecimento adquirido. Porém, por mais que os professores possam contribuir para que a aprendizagem se realize, será o estudante que deverá ser capaz de elaborar os próprios conteúdos de aprendizagem. Um nível ainda mais alto de aprendizagem significativa ocorre quando o estudante consegue por ele mesmo identificar e processar novos desafios. Ele é o agente transformador que vai modificar, enriquecer e construir novos métodos de interpretação de conhecimentos. Com a proposta de visitas técnicas a setores de radiologia, por exemplo, os estudantes são estimulados a atuarem para a construção do conhecimento, pois é observado um contexto onde há a aplicação do conteúdo estudado na sala de aula, onde há profissionais capacitados com quem podem trocar informações sobre RI. Também há equipamentos específicos para utilização das radiações, que não poderão ser encontrados em outros ambientes que não o hospitalar. O professor, por sua vez, age como mediador, pois estimula o estudante a questionar, a observar o ambiente e as situações, contribuindo assim para uma aprendizagem significativa.

3. Procedimentos Metodológicos

A presente proposta foi aplicada a uma turma da terceira série do Ensino Médio com três períodos no turno da manhã, de uma escola privada. No primeiro encontro, para descobrir o que os estudantes sabiam sobre RI, proporcionou-se um espaço para discussão e houve uma conversa, na sala de aula, questionando sobre o que eles sabiam a respeito desse assunto. Eles mencionaram o acidente de Fukushima, os Raios-X, a radiação solar, as dores de cabeça, a febre, o acidente de Goiânia, Césio 137 (documentário assistido na disciplina de ciências na 8ª série), a meia vida e o decaimento alfa, beta e gama, os elementos radioativos estudados na disciplina de Química, o câncer provocado pelos acidentes, à depressão, o suicídio.

O planejamento utilizado envolveu a elaboração dos planos de aula de oito encontros, baseados na estratégia de UEPS Moreira (2011). Dentre eles o plano de aula envolvendo a própria visita. Para a avaliação dos resultados, a fim de verificar o impacto na aprendizagem sobre radiações ionizantes, proporcionado pela visita dos alunos ao setor de radiologia hospitalar, foi adotada avaliação qualitativa pautada em quatro instrumentos: conversa formal, questionários aplicados antes e depois da visita; construção de mapas conceituais antes e depois das visitas; dramatização e construção de maquetes.

4. Desenvolvimento

O desenvolvimento do trabalho aconteceu seguindo as orientações contidas em cada um dos oito planos de aula desenvolvidos. A seguir, uma breve descrição dos planos de aula:

- No primeiro plano, verifica-se, através de uma conversa, o que os alunos entendem por radiação, os conhecimentos prévios sobre o assunto. Também se informa à turma como será a sequência do trabalho, a construção de mapas, os questionários, os debates e as discussões e, ao final, a construção de maquetes e dramatização. Nesse primeiro plano, destacam-se as etapas 1, 2 e 3 da UEPS;
- No segundo plano, consta a apresentação de vídeos e documentários sobre Chernobyl, Césio-137 e o acidente em Fukushima. O objetivo é mostrar os procedimentos utilizados para o combate e os efeitos causados em caso de acidentes radioativos, de acordo com a etapa 4 da UEPS;
- No terceiro plano, está a construção de mapas conceituais e aplicação do questionário para verificar o nível de entendimento dos alunos, sobre RI, em sala de aula. Optou-se pelos dois instrumentos de avaliação para se ter uma visão mais ampla de como os alunos estão até o momento, de acordo com as etapas 5, 6 e 7;
- No quarto plano, acontece a apresentação dos mapas, para a turma, pelos próprios alunos. Nesse momento, verifica-se se todos os conceitos estudados até o momento estão presentes e as dificuldades encontradas pelos alunos durante a construção dos mapas. Isso servirá de base para a visita técnica, de acordo com as etapas 6, 7 e 8;
- No quinto plano, ocorre a visita técnica ao hospital. Esse é o momento de os alunos observarem a rotina dos setores de radiologia e radioterapia, de interagirem com os profissionais do ramo, e de realizarem as possíveis conexões com o que foi visto em sala de aula, de acordo com as etapas 7 e 8;

- No sexto plano, com o objetivo de verificar se a direção tomada até o momento desenvolveu a aprendizagem, é proposto para a turma a construção de outro mapa conceitual no laboratório de informática e a aplicação de outro questionário. Dessa maneira, há mais subsídios para analisar a evolução na aprendizagem da turma, de acordo com as etapas 2, 7 e 8;
- No sétimo plano, é proposto um seminário, quando cada aluno tem em suas mãos os mapas e questionários feitos antes e depois da visita técnica, com o objetivo de verificar a melhora no entendimento das RI, de observar se houve progresso nas conexões entre os conceitos nos mapas e se a qualidade das respostas nos questionários ficou melhor definida, de acordo com as etapas 6, 7 e 8;
- No oitavo plano, propõe-se um momento para que o aluno tenha a oportunidade de praticar o que foi desenvolvido até o momento. Conforme foi informado na primeira aula, a realização de dramatização junto com a construção de maquetes conduz o aluno para um estágio em que ele deve observar tudo o que foi estudado; pois, nesse momento, ele deverá ter o cuidado em representar o setor escolhido, de maneira que os meios de proteção e instalações estejam de acordo com o que foi estudado e observado, de acordo com as etapas 6, 7, 8, e 9.

A aplicação da estratégia das oito aulas transcorreu no período entre o dia 06/07/2015 até o dia 09/11/2015. Inicialmente com 15 estudantes, esses encontros aconteceram quinzenalmente; pois, junto a esse projeto, os estudantes também precisaram se apropriar dos demais conteúdos específicos da terceira série do Ensino Médio, possibilitando um maior tempo hábil para a realização das tarefas propostas. A opção por encontros quinzenais deu-se por oferecer maior período para os estudantes organizarem-se com as tarefas rotineiras. Durante esse processo, houve duas desistências, alunos que participaram parcialmente do trabalho e logo foram descartados, restando 13 estudantes.

5. Resultados

Para a análise qualitativa dos resultados optou-se por quatro métodos: conversa formal; questionários aplicados antes e depois da visita; construção de mapas conceituais sobre o tema RI antes e depois da visita técnica; dramatização e construção de maquetes.

Questionários

Os questionários dissertativos com questões investigativas focando o conhecimento trabalhado foram utilizados. A metodologia contemplou o uso de um questionário de 10 questões, aplicado antes da visita técnica; e outro aplicado após a visita, que continha 13 questões com indagações sobre o setor de radiologia hospitalar. Ambos os questionários constam na tabela 01.

Tabela 1: Representa os questionários aplicados antes da visita técnica e depois da visita técnica

Questionário 1 (antes da visita técnica)	Questionário 2 (depois da visita técnica)
<p>1 - Qual seu interesse em fazer uma visita ao setor de radiologia ou radioterapia no hospital?</p> <p>2 - O que você conhece sobre os setores de radiologia e radioterapia de um hospital?</p> <p>3 - Quais os profissionais que atuam nos setores de radiologia e radioterapia de um hospital?</p> <p>4 - O que faz um técnico em radiologia médica?</p> <p>5- Eventualmente, os meios de comunicação nos trazem informações sobre acidentes radioativos, radioatividade, tratamento de doenças que utilizam radiação, processo da realização dos exames radiodiagnósticos utilizam uma forma de radiação e etc. Baseado nessas informações o que se entende por radioatividade?</p> <p>6 - Qual o tipo de radiação é mais prejudicial aos seres vivos?</p> <p>7 - Nos documentários sobre acidentes radioativos, ouve-se falar em elementos com o número de prótons, que são radioativos, chamados de radioisótopos. Esses radioisótopos são utilizados na medicina. Cite alguns exemplos dessa utilização na área da medicina.</p> <p>8 - A quantidade de radiação pode ser medida? Como?</p> <p>9 - Com o conhecimento da meia-vida, é possível estabelecer uma margem de segurança para os materiais radioativos. O que é meia-vida de um radioisótopo?</p>	<p>1 - O quê, na visita, motivou-o ou não a atuar nessa área?</p> <p>2 - Dos setores que foram mostrados, qual deles lhe chamou mais atenção? Explique.</p> <p>3 - Os equipamentos que são utilizados na geração de raios X são radioativos?</p> <p>4 - Qual a diferença entre os setores que foram observados, evidenciando as características físicas e a forma de manuseio dos equipamentos?</p> <p>5 - Uma pessoa que fica exposta pela radiação ionizante pode passar essa radiação para outra pessoa, ou seja, isso é contagioso?</p> <p>6 - Os alimentos que são conservados por irradiação passam a ser radioativos depois dessa manipulação?</p> <p>7 - Plutônio, Rádio e Cúbito¹ são elementos que emitem radiação ionizante?</p> <p>8 - A emissão de radiação (alfa, beta ou gama) de um átomo ocorre pela transição dos elétrons nos níveis energéticos?</p> <p>9 - Quais os meios de proteção, para os usuários (pacientes e técnicos) utilizados nos setores de radiologia e radioterapia?</p> <p>10 - O processo da realização dos exames radiodiagnósticos utiliza uma forma de radiação. O que você sabe sobre radiação? Quais os tipos de radiação você conhece?</p> <p>11 - Qual delas é mais prejudicial?</p> <p>12 - A quantidade de radiação pode ser medida? Como?</p> <p>13 - Com o conhecimento da meia-vida, é possível estabelecer uma margem de</p>

¹ Cúbito foi colocado simplesmente para atrapalhar. Pois o cúbito é um osso.

10 - Quais os meios de proteção, para os usuários (pacientes e técnicos) utilizados nos setores de radiologia e radioterapia?	segurança para os materiais radioativos. O que é meia-vida de um radioisótopo?
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------

Os comentários a seguir sobre o desempenho dos estudantes frente aos questionários apresentarão uma parcela do universo de dados obtidos, mas que ao ver dos autores representam a evolução dos estudantes no processo. Quando for mencionado que os estudantes responderam de certa forma a uma pergunta está a referir-se à resposta da maioria, sendo essa considerada qualquer número acima da metade dos estudantes.

Comparando as informações desde a primeira aula até a quarta aula, nota-se que houve uma pequena mudança e armazenamento nas informações. Durante a conversa inicial, em momento algum os alunos mencionaram o Contador Geiger ou o dosímetro como um meio de medição da RI. Mas, depois da exposição de vídeos e documentários, esse elemento foi caracterizado como meio de proteção por cinco estudantes (respostas à questão 10) e, na questão 8, um estudante atribuiu ao dosímetro o meio de medição da radiação. Outro indício que houve um armazenamento nas informações é o fato de que os estudantes descrevem que a RI está sendo utilizada na medicina. Na questão 5 os estudantes responderam que a RI poderia ser utilizada para um determinado tratamento, mas, se utilizada em excesso, poderia levar à morte de um jeito bem doloroso. Também fizeram referência aos profissionais que atuam nessa área, que utilizam equipamentos de proteção, o que não era feito antigamente, quando o tratamento por radioatividade foi descoberto. Essa característica, de armazenar as informações, contempla um dos princípios da aprendizagem, que segundo Moreira e Masini (2006, p. 13) é vista como um processo de armazenamento de informações envolvidas na cognição.

Embora os estudantes tenham apresentado visível melhora nas informações, ainda havia certa dificuldade sobre pontos importantes do tema. Essa dificuldade foi demonstrada na questão 9, que se refere ao tempo de meia-vida. Na primeira aula, os estudantes somente mencionaram o termo meia-vida e, não fizeram ligação com nada. Essa dificuldade em descrever o significado de meia-vida, continuou, mesmo com os documentários assistidos e discutidos até a terceira aula, os estudantes não encontraram condições para responder.

Já, no segundo questionário, após a visita técnica, os estudantes demonstraram progresso. Por exemplo, na questão 9 não mencionaram o dosímetro como meio de proteção, isso demonstra que no decorrer do processo houve um refinamento nas informações, um exemplo da interação da nova informação com o subsunçor e que essa nova informação sofreu alteração. Esse novo significado segue por uma fase de retenção, proporcionando maior intervalo na aquisição do conhecimento adquirido. Com isso, ocorre uma nova reorganização na estrutura cognitiva do estudante.

Conforme os estudos sobre as RI avançaram, comparando-se as respostas ao questionário 1 e as respostas ao questionário 2 percebeu-se que a motivação aumentou. Nas respostas à questão 1 do primeiro questionário (interesse da visita ao setor de radiologia e radioterapia hospitalar), todos os estudantes responderam que seria conhecer os espaços, pois alguns conheciam, outros não. Os estudantes que já conheciam o setor foram questionados pelo professor. Qual seria motivo de tanta curiosidade em conhecer o local se já o conheciam quando

foram realizar exames? O depoimento abaixo resume as ideias gerais dos estudantes sobre o tema após as oito aulas (o texto foi parcialmente adaptado para correções gramaticais):

“Mas agora é diferente. Antes, de estudar RI, a gente conhecia como paciente, que é somente entrar na sala, o técnico posiciona, pede para ficar parado alguns instantes, nos libera e diz para tal dia para pegar o exame. Antes, o que a gente olhava era somente a sala, a máquina e conversava um pouco com o técnico. Agora, a gente já sabe algumas coisas a mais, como por exemplo, aquela coisa que ele fica ajeitando sobre nós lá dentro, tem uma ampola de RX, semelhante àquela que foi vista em sala de aula; a gente já sabe que o RX é uma radiação ionizante e que existe uma série de normas de segurança que devem ser seguidas. Então, professor, agora a gente está entrando e olhando o setor com outros olhos”.

Mapas conceituais

Em outra forma para avaliar se houve melhora na organização do pensamento do estudante, utilizou-se a produção de mapas conceituais pelos estudantes. Antes da visita técnica foi solicitado um mapa conceitual que foi desenvolvido em sala de aula. Após a visita técnica no laboratório de informática, um outro mapa conceitual foi solicitado, momento em que os estudantes puderam consultar fontes na internet. A utilização do recurso de mapas conceituais como ferramenta avaliativa neste processo foi facilitada, pois os estudantes alvo desta pesquisa estavam habituados a utilizar os mapas desde a primeira série do Ensino Médio, tanto em Física, como em outras disciplinas.

De um modo geral a representação dos mapas conceituais na primeira parte trouxe conceitos muitos simples e normalmente desconexos. Um exemplo é o mapa onde foram associadas à palavra Radiação as palavras alfa, beta e gama. Na primeira aula, durante a conversa, foi referido sobre os principais exemplos de radiações ionizantes, porém, em momento algum foi feita referência sobre qual radiação seria mais forte ou mais fraca e, nem sobre suas cargas. O estudante do referido mapa conseguiu caracterizar a radiação alfa, com carga positiva, a radiação beta com carga negativa e, a radiação gama não possui carga elétrica. A sua descrição a respeito do próprio mapa foi (parcialmente adaptado):

“Existem 3 tipos de radiação: alfa (α), beta (β) e gama (γ). A radiação alfa contém 2 prótons e 2 nêutrons, a carga dessa radiação é positiva, ao contrário da radiação beta, que por sua vez tem carga negativa, e possui a massa e a carga igual a do elétron. E por fim a radiação gama, que é usada no Raio X, essa radiação não é positiva e nem negativa, e também não possui massa. A radiação gama é mais forte que as outras radiações, sendo assim, pode atravessar qualquer coisa. A radiação beta, fica na metade. Quando o quesito é intensidade, mas forte que alfa, e mais fraca que gama, essa radiação pode penetrar até 2 cm no corpo humano.”

Percebe-se que o estudante ainda tinha dificuldades quanto à classificação de radiações quanto a ser forte e fraca, associando essa qualidade à capacidade de penetração.

Em outro mapa antes da visita, o autor, além de também conectar as palavras alfa, beta e gama ao conceito de radiação, e ligar cada uma à sua constituição, apresenta a informação de que a radiação foi descoberta acidentalmente por Becquerel, que tem a capacidade de ionizar

átomos, e diz que a radiação gama causa problemas sérios aos humanos. E não faz conexão com mais nenhuma informação. Porém, mesmo sem incrementar novas ligações, esse estudante ainda apresentou outros indícios que demonstram enriquecimento nessas informações. Ele acrescentou dados soltos no mapa conceitual, como utilidades e exposição excessiva. Contudo, esses dois dados deveriam estar conectados com as outras informações.

Já nos mapas após a visita, o primeiro estudante conseguiu conectar mais informações nos termos alfa, beta e gama e, o segundo estudante, além de conectar mais dados nestes mesmos termos, foi além e acrescentou informações sobre utilização e os perigos da radiação. Detecta-se nessa análise parcial, o acréscimo de alguns dados nos mapas desses dois estudantes. Esses dados novos não foram apresentados na primeira aula. Eles representam a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas, correspondentes a retenção de memória (AUSUBEL, 2003, p. 8), onde se pode perceber a essência da aprendizagem significativa. O conhecimento vai sendo construído a partir de uma reorganização constante na estrutura cognitiva do indivíduo, a partir da conexão entre o conhecimento já existente, os subsunçores, e os novos adquiridos.

No mapa construído pelo primeiro estudante percebe-se que a quantidade de informações e ligações aumentaram significativamente. O estudante se refere a palavra radiação, como radiação ionizante. Faz conexões com raios alfa, beta e gama, onde no primeiro mapa isso foi feito, mas as outras conexões são novas. Ele refere-se a segurança, aplicações na medicina bem detalhadas e acidentes radioativos, como pode ser observado no [mapa da figura 1](#).



Figura 1: Recorte mapa conceitual do primeiro estudante, construído após a visita técnica

Outro indício que houve melhora nas informações dos estudantes é percebido no mapa da figura 2, que se refere ao segundo. O estudante menciona as aplicações tomografia, radiografia e radioterapia, também menciona os meios de proteção. Neste mapa o estudante não deixou as informações soltas, todas as informações estão conectadas com outras informações.

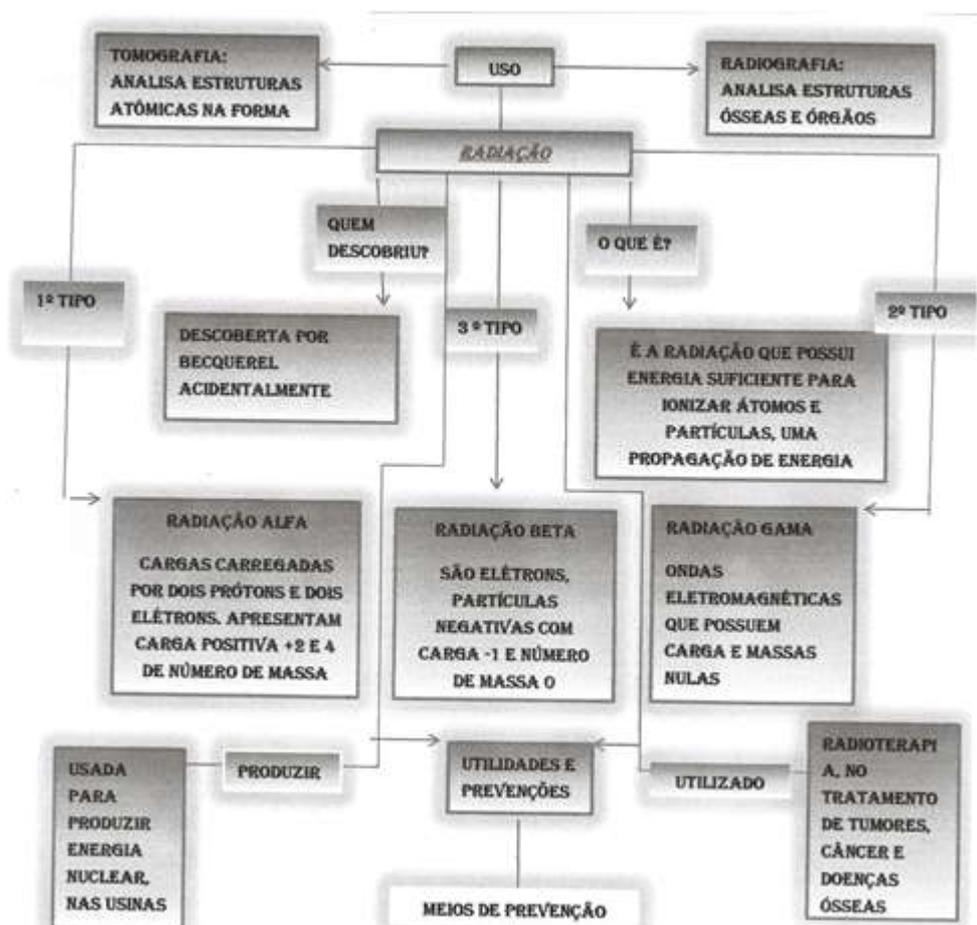


Figura 2: Recorte do mapa conceitual do segundo estudante, construído após a visita técnica.

Ressalta-se, por fim, o uso deste instrumento, Mapas Conceituais. Os mapas estão abertos a mudanças e enfatizam aspectos da ocorrência, ou não, da aprendizagem significativa, que muitas vezes podem ser perdidos em meio à quantidade de informações recebidas. De modo geral, ao observar os mapas construídos antes e depois da visita técnica, foi possível constatar indícios de uma ligação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos. Foi possível observar que o fato de se ter discutido o tema em sala de aula através das leituras, dos documentários e das discussões sobre RI, permitiu aos estudantes da turma uma reorganização de conceitos. Tal reorganização foi representada pelas novas conexões estabelecidas entre os mapas antes e depois da intervenção da visita técnica. O complemento das aplicações, as normas de segurança e a construção de conceitos mais elaborados nos mapas dos estudantes leva a crer que o trabalho realizado em sala, em seguida à realização da visita técnica orientada, possibilitou uma ancoragem mais consistente dos novos conhecimentos, contemplando a habilidade de aprender a aprender.

Maquetes e Dramatização

Aos estudantes foi solicitado o desenvolvimento de maquete e dramatização. Para tal, os mesmos foram divididos em três grupos. A escola onde a pesquisa foi desenvolvida possui um laboratório de radiologia. Este cenário foi utilizado pelos estudantes do primeiro grupo para realizar uma dramatização sobre a realização de exames de raios-X respeitando as normas de segurança (maneira correta de realizar o exame), utilizando os materiais que o laboratório

possui, como coletes, óculos e o equipamento de raios-X. O equipamento de raios-X estava desativado, pois é utilizado apenas para treinamento. O segundo grupo de estudantes também preparou uma dramatização apontando erros de procedimento relativos as normas de segurança (maneira errada de atuar nessa área). O terceiro grupo ficou responsável pela radioterapia que foi definido como uma apresentação do setor através da construção de uma maquete.

Na figura 3, do primeiro grupo, observa-se a representação de um exame de raios- X convencional, que é o equipamento que o colégio possui. Ao analisar a figura 3, vê-se um paciente que precisa ser contido por um ajudante, pois, na realização desse exame, ele não pode movimentar-se, logo, o auxílio de alguém é necessário. Ao conseguir posicionar o paciente e centralizar o equipamento na região onde será feito exame, o técnico retira-se para acionar a máquina.



Figura 3: Representação de exame de raios-X do abdômen.

Na figura 4 observa-se a realização do exame da mão de uma paciente. Na imagem, percebe-se que a paciente está com anéis nos dedos. De fato, a representação desse exame é totalmente incorreta, pois nota-se que a paciente possui adereços metálicos. Todas as joias e objetos metálicos que possam interferir na análise deveriam ter sido retirados.



Figura 4: Representação do exame de raios-X da mão.

Além dos adereços, o posicionamento também está incorreto. A marcação, em forma de cruz, deve ficar centralizada na região onde será realizado o exame.

O terceiro grupo ficou responsável pelo equipamento de radioterapia. Como o colégio não possui um laboratório para demonstrar esse tipo de exame, o grupo demonstrou o equipamento com a utilização de uma maquete, apresentada na figura 5.



Figura 5: - Maquete representando a sala e equipamento de radioterapia.

Na figura 5, observa-se que quando a porta, que na realidade possui aproximadamente duas toneladas, está fechada, significa que o equipamento está em funcionamento. Na mesa, onde o paciente é posicionado, aparece um brilho. O grupo utilizou essa representação para indicar que o equipamento está em funcionamento. O técnico fica manuseando e observando o paciente através da sala de comando, que fica logo na entrada da sala. Nos armários, na entrada da sala, são guardados os equipamentos dos pacientes que precisam ficar imóveis, como, por exemplo, máscaras, que são moldadas conforme as medidas de cada paciente.

A figura 6 mostra a porta da sala aberta e o brilho que representa o equipamento em funcionamento, isso demonstra o funcionamento incorreto. Quem estiver na sala deverá acionar esses dispositivos e o equipamento será desligado automaticamente, pois ele só estará em funcionamento quando a porta estiver fechada.

Durante a dramatização e a construção da maquete, ficou evidenciada a importância da visita técnica, pois os estudantes encontraram elementos úteis para o desenvolvimento da dramatização e para a construção da maquete.



Figura 6: Maquete representando o equipamento em funcionamento incorreto.

6. Conclusão e Considerações Finais

Na essência da aprendizagem significativa o conhecimento vai sendo construído a partir de uma reorganização constante na estrutura cognitiva do indivíduo, a partir da conexão entre o conhecimento já existente, os subsunçores, e os novos adquiridos. Dessa maneira, as novas conexões vão se formando e interagindo entre si. A execução do presente trabalho sobre a utilização das visitas técnicas como instrumento facilitador para se abordar o conteúdo de radiações ionizantes possibilitou perceber tais indícios desde o início, quando os estudantes somente comentaram alguns aspectos sobre radiação, como alguns acidentes radioativos e algumas doenças. Com os questionários e a construção dos mapas, identificou-se algum crescimento, pois as informações observadas foram um pouco mais detalhadas, comparadas com as do primeiro encontro. Após a visita, observaram-se, sensivelmente, informações e conexões mais detalhadas. Esse detalhamento de informações, percebe-se nos mapas conceituais. Por exemplo, no primeiro mapa um estudante conecta a palavra radiação somente as palavras alfa, beta e gama. Já, no segundo mapa, fica evidenciado o aumento significativo das conexões, onde ele troca a palavra radiação por radiação ionizante. E a partir da radiação ionizante, também conecta as palavras alfa, beta e gama; mas, além delas, surgem outras ligações, tais como, acidentes, aplicações na Medicina, o detalhamento dessas aplicações, etc. É notório que as informações antigas sofreram enriquecimento e modificaram-se, adquirindo novos significados e se diferenciando progressivamente.

Observa-se também o próprio depoimento dos estudantes quando questionados sobre o motivo de tanta curiosidade em conhecer o setor, já que alguns o conheciam previamente, na realização de algum exame ao longo da vida. Os estudantes, que já conheciam, disseram (resumo das manifestações): “Agora estamos entrando no setor e olhando com outros olhos, pois temos mais informações e agora não somos pacientes”. Aqui, fica evidenciado que a interação da antiga informação com a nova, sofreu alteração. Com isso, surge uma nova reorganização na estrutura cognitiva do estudante que se refere à reconciliação integrativa.

Com base nos comentários e nas apresentações, percebeu-se a seriedade que os estudantes demonstraram durante todo o processo. De fato, a motivação também é um forte indício de aprendizagem, pois, como destacado em (CHAVES, 2005, p.83), para AUSUBEL, “a

motivação do aluno é a própria aprendizagem”. A reprodução dos exames, a maneira correta de conter um paciente, os meios de proteção utilizados e os possíveis erros que podem surgir pela falta de qualificação do funcionário foram situações que foram discutidas e observadas durante as visitas técnicas. Outro indício da importância da visita técnica ficou evidenciado na construção da maquete, onde se observa a riqueza nos detalhes. Por isso, com base nessas análises, concluímos que o guia de oito aulas, desenvolvido com base nas UEPS, mostrou-se eficaz para proporcionar a ocorrência da aprendizagem significativa no tema Radiações Ionizantes.

7. Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. Ed., Lisboa PT, Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D.P. et al. **Psicologia Educacional**. 2. ed, Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D.P. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, (2000).

BRASIL, **Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio, 2006. Linguagens, Códigos e suas Tecnologias**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_01_internet.pdf. Acesso em: 20 mai. 2016.

BRASIL, **Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio**. Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a09.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CHAVES, M.I. de A. **Modelando matematicamente questões ambientais relacionadas com a água a propósito de ensino-aprendizagem de funções na 1ª. Série – Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, 2005. Disponível em: http://www.robertexto.com/archivo3/a-teoria_ausubel.htm. Acesso em 10 nov. 2017.

MOREIRA, M. A. **O que é Afinal Aprendizagem Significativa?** <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. (2012). Acessado em 25 mar. 2016.

MOREIRA, M.A., **Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review - v1(2), pp.43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

PEREIRA, A. M. **A Física das Radiações em Sala de Aula: do Projeto à Prática**. 2014. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2014_Alexandre_Pereira/material_instrucional_Alexandre_Pereira.pdf. Acesso em: 17 abr. 2016.

SALVI, K. **Radioatividade: como trabalhar o assunto em sala de aula**. 2011. Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/radioatividade-como-trabalhar-assunto-sala-aula-629269.shtml>. Acesso em: 19 abr. 2016.

SILVA, R. C. **Ensino de Radiações Ionizantes por meio de produção de vídeos por alunos da 3ª Série do Ensino Médio**, 2012. Disponível em: http://www.ppec.ufms.br/Dissertacoes/Dissertacao_Ronaldo_Conceicao_Silva.pdf. Acesso em: 03 mar. 2016.

SOUZA, W. B. **Física das Radiações: uma Proposta para o Ensino Médio**. 2009. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/Wellington_Batista_de_Sousa.pdf. Acesso em: 03 mar. 2016.