

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE FONTES NUCLEARES – UMA ABORDAGEM PARA ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO.

Santos, I. P.¹; Levy, D. S.^{1,2}

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, São Paulo, SP, Brazil

² Omicron PG, Atibaia, SP, Brazil

ABSTRACT

This study reports a pedagogical experiment in high school classes, in a private school in São Paulo. The purpose of this experiment was to put students in touch with topics related to electric power generation from radioactive sources. This project was developed with emphasis on the content available in an educational online portal, the site www.radioatividades.com.br. The site has been created in order to disseminate knowledge to children, adolescents, parents and teachers about the peaceful use of nuclear energy. The portal content is free to access and use for educational purposes. The project had three stages: initial dynamics on the subject with students, working with research groups, conducting short courses in the portal "radioatividades" and a final evaluation, which consisted in seminars prepared by students themselves. The first stage aimed to verify the previous knowledge that students had on nuclear energy, raising common prejudices that usually appear. The second phase of the project aimed to demystify some concepts, such as the insecurity linked to the use of atomic energy. For this research there were used reliable sources, as the site of the National Nuclear Energy Commission (CNEN), Institute of Radiation Protection and Dosimetry (IRD) and International Atomic Energy Agency (IAEA), as well as short courses offered by the portal "Radioatividades". To finish the project, the students formed groups and presented seminars for their classmates, with split topics, illustrative slides and post presentation time to answer questions. There were highly satisfactory results at the end of the project, performances with good theoretical foundation and valuable clarifications on nuclear energy.

RESUMO

O presente estudo relata um experimento pedagógico realizado em turmas do ensino médio, em uma escola da rede particular em São Paulo. O objetivo de tal experimento foi colocar os estudantes em contato com tópicos relacionados à produção de energia elétrica a partir de fontes radioativas, as famosas usinas nucleares. Desenvolveu-se o trabalho com ênfase no conteúdo didático disponibilizado em um portal online, o site www.radioatividades.com.br. Tal endereço eletrônico foi criado a fim de disseminar conhecimento para crianças, adolescentes, pais e professores acerca da utilização pacífica da energia nuclear. O conteúdo do portal é gratuito para acesso e utilização em fins educacionais. O projeto foi dividido em três etapas: dinâmicas iniciais sobre o tema com os estudantes, trabalho com grupos de pesquisa sobre o assunto, realizando minicursos no portal "Radioatividades" e finalização com seminários montados pelos próprios estudantes, servindo como avaliação final. A primeira etapa teve como objetivo sondar os conhecimentos prévios que os estudantes tinham sobre energia nuclear, levantando preconceitos comuns que costumam aparecer sobre o assunto. O segundo momento do projeto visava desmistificar alguns conceitos, como o da insegurança atrelada ao uso da energia atômica. Para isso foram usadas pesquisas em fontes confiáveis, como o site da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) e International Atomic Energy Agency (IAEA), bem como a realização de minicursos oferecidos no portal "Radioatividades". Para finalizar o projeto, os estudantes formaram grupos e apresentaram seminários para os colegas de turma, com divisão de temas, slides ilustrativos e momento pós apresentação para esclarecimento de dúvidas. Houve resultados altamente satisfatórios ao final do projeto, apresentações com bom embasamento teórico e esclarecimentos valiosos sobre energia nuclear.

¹ E-mail: passos.igor88@usp.br

INTRODUÇÃO

O conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condições para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam. Não se pode, pois, ignorar que se vive: o avanço do uso da energia nuclear; da nanotecnologia; a conquista da produção de alimentos geneticamente modificados; a clonagem biológica. Nesse contexto, tanto o docente quanto o estudante e o gestor requerem uma escola em que a cultura, a arte, a ciência e a tecnologia estejam presentes no cotidiano escolar, desde o início da Educação Básica. [BRASIL, 2013]

No intuito de apresentar aos estudantes do ensino médio alguns aspectos básicos sobre plantas nucleares de produção de energia elétrica, aplicou-se o projeto descrito neste artigo. As atividades foram realizadas na escola da rede particular Santa Marina, situada no bairro Vila Carrão, em São Paulo, SP, Brasil. Participaram do projeto 12 estudantes das séries do ensino médio, divididos em grupos mistos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dentre as várias possibilidades de trabalho que o tema apresenta, optou-se por dividir os estudantes em grupos de pesquisa e propor que realizassem seminários a respeito de diferentes pontos sobre a produção de energia elétrica a partir de fontes nucleares. Uma das características essenciais do seminário é a oportunidade que cria para alunos se desenvolverem quanto à investigação, consciência crítica e independência intelectual. O conhecimento a ser assimilado, reelaborado e até mesmo produzido não é transmitido pelo professor, mas estudado e investigado pelos próprios alunos, pois estes são vistos como sujeitos de seu processo em aprender. Isto é um ato de conhecimento e não uma mera técnica para sua transmissão. [VEIGA, 2003]. O diálogo existente entre componentes de cada grupo permite uma troca muito rica de informações. Experiências passadas, curiosidades que alguns citam ter visto em filmes, séries ou documentários são fonte de mais questionamentos que frequentemente culminam em uma chamada pelo professor, solicitando maiores esclarecimentos, comprovação ou refutação de algumas falas.

Falar sobre usinas nucleares com estudantes de ensino médio requer uma abordagem multidisciplinar e boa articulação entre os saberes oriundos da Física, Química, Geografia, História, Matemática etc. Evidencia-se que as dificuldades encontradas para promover a interdisciplinaridade na rotina escolar ocorrem principalmente pela falta de comunicação entre as disciplinas que fazem parte de cada área do conhecimento, assim como tempo hábil para estas comunicações. Muitas vezes as cargas horárias dos profissionais da educação muitas vezes não permitem tal comunicação. [MOREIRA, OLIVEIRA, 2014] Buscou-se aplicar multidisciplinaridade ao longo do projeto diversificando-se as fontes de pesquisa.

O estudo da radioatividade envolve questões atuais da sociedade, tais como: meio ambiente, energia, lixo atômico, acidentes nucleares, medicina etc., além de ser fundamental para compreensão da estrutura do átomo, o que contempla diversas áreas de ensino, dentre elas o ensino de Ciências ênfase na Física e na Química. [SILVA, 2015] Apesar da modernidade desse tema, ainda há muitos docentes que resistem em integrá-lo no

planejamento de ensino, bem como diversos materiais didáticos que tratam da radioatividade superficialmente, deixando pouco espaço para informações - geralmente localizadas no final dos livros.

METODOLOGIA

Um dos autores deste artigo, Igor Passos dos Santos, leciona Física na escola Santa Marina. Durante as aulas no mês de Abril, apresentou para todas as turmas do ensino médio o projeto que seria desenvolvido nos meses de Maio e Junho, solicitando aos estudantes interessados que dessem seus nomes para participarem. De um grupo com 195 estudantes ao todo no ensino médio, 28 interessados deram o nome para participar. Por se tratar de uma atividade mista entre as séries, não seria possível a desenvolver no período de aulas, forçando a escolha de um dia e horário durante a tarde para os encontros. Definiram-se sextas-feiras à tarde para reunir os estudantes envolvidos. Como muitos alunos têm aulas extracurriculares ao longo da semana (idiomas, natação, ginástica, dança...) ocorreu uma redução no número de participantes, de 28 para 12 que poderiam comparecer nas datas e horários combinados. As etapas do trabalho envolviam:

- Dinâmicas iniciais sobre o tema com os estudantes - com intuito de sondar o que tinham de conhecimento prévio sobre o assunto, possíveis preconceitos e um levantamento das dúvidas principais;
- Trabalho com grupos de pesquisa sobre o tema, realizando minicursos no portal “radioatividades” - a fim de instruir cada grupo sobre um determinado tema, dar-lhes a oportunidade de ler textos instrutivos e didáticos no portal e pesquisar na bibliografia oferecida pela biblioteca da escola;
- Seminários montados pelos próprios estudantes - servindo como avaliação final, os seminários acumulam a função de “aprender ensinando”, partindo do princípio que só domina-se um tema com segurança quando se pode ensinar sobre aquilo para outros.

O tempo foi delimitado em três encontros para cada etapa do projeto, cobrindo os dois meses de prazo que ainda restava. Cada encontro teve a duração de cinquenta minutos, o mesmo período de duração das aulas regulares na escola.

Foram selecionados livros de Química, Física, Geografia, Matemática e História na biblioteca, de acordo com a vontade dos estudantes para escolher entre diferentes edições e autores. Todos os grupos possuem exemplares da coleção Poliedro®, utilizados durante os três anos de ensino médio, que também foram aconselhados a utilizar durante as pesquisas.

Dentro do portal radioatividades, os grupos realizaram mini cursos relacionados à produção de energia elétrica com fontes nucleares. Cada grupo recebeu indicação de um curso para realizar. Dentre várias possibilidades que o portal traz, foram selecionados três para utilização neste trabalho, por terem mais aderência com o tema proposto. Os títulos dos mini cursos são: “o átomo”, “geração de energia” e “o ciclo do combustível”. [RADIO, 2015] Os encontros reservados para realização dos minicursos foram realizados com equipamentos de informática da escola e dos estudantes, notebooks e *tablets* com acesso à internet.

Mesclar estudantes de séries diferentes dentro dos grupos foi uma forma interessante de promover um diálogo entre pessoas que não se conheciam no ambiente de sala de aula. A troca de conhecimentos dos mais velhos com os mais novos também se mostrou válida, já que em diversos momentos percebeu-se estudantes do terceiro ano mostrando conceitos para os do segundo e primeiro anos. O oposto também foi verificado, quando estudantes do primeiro ano ajudaram segundos e terceiro-anistas a relembrar tópicos que haviam aprendido muito tempo atrás. A montagem dos grupos ficou como mostra a distribuição, com inicial do nome de cada estudante, sua idade e série no ensino médio:

- Grupo 1 - L., 17 anos, 3 série; B., 15 anos, 1 série; I., 14 anos, 1 série; K., 16 anos, 3 série.
- Grupo 2 - L., 15 anos, 2 série; L., 15 anos, 1 série; V., 14 anos, 1 série; B., 16 anos, 3 série.
- Grupo 3 - M., 14 anos, 1 série; A., 17 anos, 3 série; M., 16 anos, 2 série; G., 15 anos, 1 série.

O preparo dos seminários aconteceu com os estudantes unindo forças, habilidades e paciência para montar apresentações de slides que reunissem as mais importantes informações aprendidas por eles. O número de slides foi limitado em 15. Sugeriu-se aos grupos que evitassem textos nos slides, substituindo-os por gráficos, tabelas, figuras e informações de leitura rápida, que lembrassem os integrantes de todos os tópicos a serem explicados. Foram reservados dois encontros para que se preparassem as apresentações.

Na última semana de Junho os grupos apresentaram seus seminários para as turmas do ensino médio, durante as aulas de Física. Cada grupo teve dez minutos para apresentar o trabalho e os slides que havia montado. Após as apresentações, foram abertas sessões de dúvidas para que os estudantes que assistiram aos seminários pudessem colocar questões aos integrantes dos grupos.

RESULTADOS

Durante as duas primeiras semanas de encontros no projeto, foi realizado um bate-papo aberto sobre alguns tópicos relacionados à Física atômica nuclear. Divididos em grupos formando uma espécie de roda-viva, os estudantes responderam às perguntas elaboradas pelo professor mediador da conversa, debateram sobre diferenças nos pontos de vista entre os grupos e chegaram a conclusões ora divergentes, ora convergentes. De papel e caneta em mãos, os estudantes tinham alguns minutos para conversar em grupo e escrever uma (ou algumas, no caso de discordância dentro da própria equipe) resposta para cada pergunta que era feita. Só então começavam as exposições em voz alta do que havia sido escrito. Alguns exemplos de como se deu essa primeira etapa:

- Questão: O que é Física nuclear? Respostas dadas: Grupo 1 - Estudo da física aplicado aos átomos, elementos radioativos, raio X, bombas atômicas. Grupo 2 – É o ramo da Física que estuda os fenômenos nucleares da natureza. Que envolvem núcleos de átomos. Grupo 3 – É uma parte da Física que estuda os elementos radioativos do planeta.

- Questão: Esse ramo de estudos da ciência é bom ou ruim? Justifique sua resposta. Respostas dadas: Grupo 1 – O ramo de estudos é bom porque ocorre o aprofundamento da Física nuclear. Grupo 2 – Tem o lado bom e o ruim. O estudo poderia ser focado apenas para fins benéficos, como produção de energia. Mas muitas pessoas utilizam esse conhecimento para o mal. As bombas foram citadas pelo grupo como um ponto maléfico. Citou-se que conhecimento é poder. Grupo 3 – Tem os dois lados. O lado bom é porque ele pode ser usado para gerar energia, fins médicos e pesquisas sobre elementos radioativos e o lado ruim é a geração de bombas nucleares, se houver uma explosão na usina pode haver uma intoxicação. Mas os estudos são importante. Se não tivessem esse estudo, não seria possível desintoxicar lugares atingidos pela radioatividade.

- Questão: Você já ouviu falar em energia atômica? Em que contexto isso se deu o que foi falado sobre essa energia? Respostas dadas: Grupo 1 – Já ouvimos falar. Contexto de aulas em geral, como história e geografia. Notícias, internet (fonte de informações). Televisão. Grupo 2 – Já ouvimos. O contexto era sobre o acidente de Chernobyl, vazamento que ocorreu no Japão devido aos tsunamis, as bombas da 2 guerra mundial e testes militares que os EUA realizam em ilhas. As usinas nucleares para geração de energia. Grupo 3 – Ouviram falar em aulas de história, química, física e matemática. Num contexto de bombas atômicas que foram usadas para dizimar as cidades japonesas. O efeito dessas bombas duraram vários anos, décadas, séculos.

- Questão: Faz de conta que certa empresa está desenvolvendo um novo smartphone. Sua grande revolução é ter uma bateria que poderá durar um século. Seria um problema, para você, testar esse novo celular sabendo que sua bateria funciona à base de fissão nuclear? Respostas dadas: Grupo 1 – Nós não queríamos testar. Porque arriscaríamos nossa vida, é meio inseguro. Vai que explode!!! Se fosse comprovado que não faz mal à saúde, tudo bem. Grupo 2 – Não utilizariam, pois o próprio celular – tal qual ele é hoje – conduz ondas eletromagnéticas, o risco da energia nuclear seria ainda maior. Tem muita coisa que faz mal, mas isso é um mal a mais. Vai que explode na minha mão... Grupo 3 – Usaríamos, tipo numa boa, pois por ser tanto pesquisado e usado no mundo, a gente usaria numa boa, sem preocupação.

- Questão: Cite três eventos na história da humanidade nos quais a energia nuclear apareceu de maneira muito expressiva. Respostas dadas: Grupo 1 - Guerra fria, início da produção da energia elétrica a partir de fontes nucleares e Goiânia, com o vazamento do Césio. Grupo 2 - Chernobyl, bombas da 2 guerra e Fukushima, com o tsunami. Grupo 3 – Chernobyl, guerra fria e os experimentos feitos com as bombas nucleares nas ilhas da Oceania. E que são realizados até hoje.

A dinâmica da “roda-viva” com perguntas para os grupos trouxe muita informação importante sobre o que os estudantes pensam quando se deparam com o assunto energia nuclear. Apesar de responderem com diferentes palavras, os grupos demonstraram uma tendência a relacionar a energia nuclear com as mazelas deixadas pelas bombas de Hiroshima e Nagasaki, com as vítimas do vazamento de Césio-137 em Goiânia e da explosão do reator em Chernobyl.

No terceiro encontro houve uma apresentação do professor, preparada também em formato de seminário com slides e comentários. O tema abordado foram as aplicações pacíficas da energia nuclear. Nos slides iniciais, entretanto, tomou-se o cuidado de citar alguns dos acidentes nucleares lembrados pelos grupos nas semanas anteriores, como em Chernobyl. e Goiânia, salientando quais foram as sequências de erros humanos que

culminaram nos acidentes. Procurou-se ainda comparar a tecnologia nuclear com outras bem mais corriqueiras para os alunos, como eletricidade e instrumentos afiados (facas, tesouras), explicando o grau de risco que elas também oferecem, mas que o benefício trazido quando usadas de maneira adequada supera e muito o risco atrelado.

Houve muitos esclarecimentos sobre dúvidas surgidas durante a apresentação. De forma geral os estudantes elogiaram os novos conceitos aprendidos, relatando que esses benefícios de fato justificam o risco.

Os três encontros seguintes se deram com *notebooks* e *tablets* em mãos. O grupo número 1 ficou com o minicurso de nome "o átomo". Diferenciando os conceitos de átomo e molécula, esse minicurso traz exemplos sobre algumas moléculas do dia-a-dia (NaCl, H₂O), organização dos átomos na tabela periódica, formação de átomos pelas partículas subatômicas prótons, nêutrons, elétrons e conceito de isotopia. O grupo número 2 ficou com o minicurso de nome "o ciclo do combustível". Esse minicurso mostra os princípios do enriquecimento do urânio, sua retirada nas jazidas, concentrado em forma de sal (o famoso yellowcake), conversão no hexafluoreto de urânio e seu enriquecimento, com a separação do U-235 do U-238. O grupo número 3 ficou com o mini-curso de nome "geração de energia". As etapas desse curso mostram a produção de energia a partir do carvão mineral com suas respectivas desvantagens, a descoberta do petróleo como combustível, a relação destes dois combustíveis com o efeito estufa e outras formas de obtenção de energia elétrica: geotérmica, hidráulica, eólica, solar e nuclear. Há também uma lista dos países que produzem energia nuclear.

Durante a realização dos minicursos, os grupos tiveram muita curiosidade sobre temas correlacionados ao que estavam estudando. A linguagem utilizada no portal é apropriada para jovens, trazendo links dentro do próprio texto que explicam termos de conotação mais técnica ou informações relevantes. Os livros emprestados da biblioteca foram bastante utilizados, sobretudo para montagem do escopo da apresentação - folhas nas quais os alunos anotaram os pontos cruciais, idéias, significado de palavras e tabelas para montarem os slides mais tarde.

Nessa etapa do projeto foi usada uma sexta-feira para realização do minicurso, uma sexta para composição do escopo em papel e a última para rever o escopo, sob a luz de um novo olhar sobre o minicurso e sugestões do professor, que pudessem incrementar o trabalho.

Os equipamentos de informática foram companhia obrigatória até a finalização do projeto. Cada grupo teve que montar sua apresentação com 15 slides em duas sextas-feiras. Como o tempo foi escasso, optou-se por iniciar os trabalhos em sala e dar continuidade durante a semana, como "tarefa de casa", com os integrantes se comunicando via e-mail e redes sociais. No encontro seguinte trouxeram as apresentações já bastante adiantadas, faltando apenas alguns detalhes para finalização.

Dados referentes à produção de energia no Brasil e no mundo, legislação sobre radioproteção, funcionamento de usinas nucleares para obtenção de energia elétrica e outros foram reunidos e organizados pelos estudantes. Utilizaram-se como fonte de pesquisa os seguintes endereços:

- <http://www.cnen.gov.br/>
- www.ird.gov.br/
- <https://www.iaea.org/>
- <http://www.radioatividades.com.br/>

Cada grupo finalizou sua apresentação com número muito próximo de 15 slides, por não desejarem cortar dados importantes ou acrescentar informações desnecessárias. Houve uma sessão de apresentações teste entre os 12 estudantes envolvidos no projeto, para adequar falas, combinar quem explicaria quais slides e diminuir a ansiedade da apresentação oficial.

Na última semana do mês de junho os grupos apresentaram para as turmas do ensino médio, durante as aulas de Física. De um total de 8 turmas, os grupos foram ganhando confiança a cada apresentação que faziam, com estrutura geral e texto muito semelhantes, mas com mais firmeza nas falas e maior interação entre os integrantes, que se divertiam e ficavam à vontade mais e mais conforme apresentavam para diferentes turmas. Algumas turmas aproveitaram mais o momento reservado para fazer perguntas, outras menos. Na última apresentação a coordenadora pedagógica acompanhou o desempenho dos estudantes, congratulando-os pelo bom trabalho desenvolvido.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho exigiu um comprometimento grande dos estudantes, que se prontificaram a ficar após o período nas sextas-feiras e desenvolver pesquisa, participar das “rodas-vivas”, montar apresentação, estender o trabalho para casa e apresentar para todos estudantes do ensino médio. Os dois meses de encontros mostraram que os participantes, além de muita curiosidade e boa vontade, tiveram uma significativa melhora nos conhecimentos de Física, Química e aplicações de energia nuclear, capacidade de falar em público, organização de idéias e convívio em grupo.

Esse tempo de convivência entre estudantes e professor também possibilitou uma valiosa troca de conhecimentos multidisciplinares, dando mais sentido para temas que, quando aprendidos de forma isolada, parecem não “servir para nada”, segundo palavras dos próprios alunos. Como exemplo eles citaram a distribuição eletrônica de Linus Pauling, a composição de isótopos e o teorema de conservação da energia mecânica, vistos em Química e Física, respectivamente.

Ao término de cada apresentação, foi solicitado aos estudantes que assistiram aos seminários preencher uma lista com opiniões que tiveram sobre o trabalho, de forma bem livre. Seguem alguns aspectos positivos que foram relatados sobre experiência:

- Ter colegas dando a aula no lugar do professor;
- Seminário rápido, não dá tempo de ficar chato, tedioso;
- Três grupos apresentando na mesma aula parecem fazer com que o tempo passe mais rápido;
- Sessão de perguntas no final das apresentações;
- Não ter que fazer exercícios sobre o tema;
- Utilização do recurso multimídia;
- Tema interessante sendo discutido.

BIBLIOGRAFIA

VEIGA, Ilma PA. "O seminário como técnica de ensino socializado." Técnicas de ensino: por que não (2003): 103-113.

MOREIRA, OLIVEIRA Maria A., et al. "Projetos como proposta pedagógica para trabalhar seminário integrado & interdisciplinaridade no Ensino Politécnico." Encontro de Debates sobre o Ensino de Química 1.1 (2014): 3-9.

SILVA, Flávia Cristiane Vieira, ANGELA Fernandes Campos, and ANGELA, Maria Vasconcelos de Almeida. "Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais." Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas 10.19 (2015).

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. (2013)

RADIO. Mini cursos disponíveis no portal Radioatividades. Link: <http://www.radioatividades.com.br/minicursos.php> - Acesso em Maio de 2015.