



Cidade do Átomo, um Software para o Debate Escolar sobre Energia Nuclear

Introdução

Desde 1997 vimos desenvolvendo, com o financiamento público de diversas agências de fomento à pesquisa, um projeto de elaboração de materiais didáticos informatizados para o ensino das Ciências [1]. Esse projeto se inclui na tradição de nosso grupo de pesquisa em trabalhar com a análise e a produção de material didático de ciências e de Química.

Ao iniciarmos a elaboração de materiais didáticos informatizados, nossa intenção era levar as abordagens para o ensino de Química que fazíamos com temas geradores (por exemplo, qualidade e tratamento de águas, sabões e detergentes, poluição do ar, agrotóxicos e siderurgia) para o meio eletrônico. Sabíamos que não havia sentido em apenas fazer uma versão digital para o que está escrito nos livros. Era necessário desenvolver materiais que aproveitassem a máxima interatividade que o computador pudesse oferecer [2,3], pois mesmo que os computadores possibilitem a utilização dos mais altos

níveis de instrução para aumentar o controle do estudante sobre sua aprendizagem (por exemplo, as estratégias de resolução de problemas ou de simulações), eles também podem ser usados para um simples exercício-

e-prática (ou treino-e-repetição).

No âmbito da informática educativa é possível reconhecer a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação como uma solução viável para o Ensino Fundamental [4]. No entanto, diversos autores [5-7] entendem que, quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo ao desenvolvimento dos projetos.

O uso de simulações computacionais, assim, tem sido recomendado para dar aos estudantes um melhor acesso aos tópicos que eles estão aprendendo e que normalmente seriam desenvolvidas em aulas expositivas. Segundo Laurillard [8], isso é feito para qualquer situação ou sistema

que possa ser modelado por um programa de computador, por exemplo: sistema orbital, leis dos gases, operação de usinas nucleares e o movimento populacional. Dessa forma, segundo esta autora, uma das esperanças que se tem é que as simulações oportunizarão aos estudantes experimentar uma versão

No âmbito da informática educativa é possível reconhecer a estratégia pedagógica de pequenos projetos de investigação como uma solução viável para o Ensino Fundamental. No entanto entende-se também que, quando os conceitos são muito formalizados ou abstratos, são recomendáveis estratégias de solução de problemas e simulações antecedendo ao desenvolvimento dos projetos

do mundo mais direta e por meio disso formular uma melhor compreensão conceitual.

A estratégia de resolução de problemas envolve, por sua vez, o planejamento, a averiguação, a testagem,

.....
Marcelo Leandro Eichler¹, Fernando Junges e José Claudio Del Pino
Área de Educação Química,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
¹e-mail: exlerbr@yahoo.com.br
.....

Cidade do Átomo é um *software* educativo que pretende colaborar para a abordagem escolar do tema radioatividade. O *software* utiliza uma abordagem de resolução de problemas relacionados à proteção radiológica e permite desenvolver uma estratégia pedagógica de jogo de papéis para discussões sobre a produção de energia elétrica através do uso da energia nuclear.

a revisão e a avaliação do caminho seguido pelo estudante. Farynaiarz e Lockwood [9], em uma pesquisa sobre o uso combinado das estratégias didáticas de simulação e de resolução de problemas visando à educação ambiental, concluem que os estudantes de diversas maneiras: a) aprenderam

os conteúdos a partir da estrutura de um problema de investigação atual (por exemplo, a análise da poluição de lagos, o gerenciamento e tratamento de esgoto e a dinâmica populacio-

nal); b) puderam compreender os limites da análise laboratorial; c) isolaram e extraíram a informação pertinente do material de pesquisa; d) formularam conceitos em pequenos grupos de discussão; e e) começaram a reconhecer as limitações das predições baseadas nos modelos computacionais.

Ao desenho, ainda, pode ser incorporada a estratégia de jogo. Rieber e Matzko [10] entendem que os melhores projetos didáticos evocam a experiência do jogo, pois provocam a tendência natural da pessoa improvisar com certos problemas até eles serem resolvidos. Porém eles não defendem uma forma qualquer de jogo, mas um tipo sério e criterioso, que engaje os estudantes em uma atividade intensa e cuidadosa.

Uma das formas de jogo utilizado em educação é a representação de papéis [11, 12]. Nas atividades desse tipo, alunos diferentes assumem os diversos papéis de um mesmo enredo, debatendo e defendendo as posições e os argumentos de seus personagens. Esse tipo de jogo, também, pode ser acompanhado de simulações, como forma de descrever e recriar o contexto para o debate [13].

Uma das maneiras de unir as estratégias de simulação, resolução de problemas e jogo, é a utilização de cenários [14]. Por um lado, os cenários auxiliam os projetistas dos materiais didáticos computacionais na tomada de suas decisões, onde eles vêem e sentem o progresso de seu trabalho em

direção ao resultado final. Por outro, os cenários oferecem hipóteses concretas sobre como os estudantes utilizarão o material didático.

Nesse contexto é que fomos buscar os meios de produção de energia elétrica como suporte temático para a construção dos roteiros e dos cenários de nossos materiais didáticos informatizados. Essa temática está na pauta da educação científica e das abordagens visando a inter-relação de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Por exemplo, Gilbert [15] entende que essa inter-relação, quando levada aos assuntos ambientais, permite a escolha de diversos temas para o ensino de Ciências e Tecnologia, tais como: a) os meios de produção de energia elétrica; b) a contaminação do ar urbano; c) a diminuição da camada de ozônio; d) a disponibilidade de água potável; e) o esgotamento do solo; e f) o perigo dos resíduos tóxicos.

Portanto, os meios de produção de energia elétrica têm sido o tema gerador de nosso projeto que visa a produção de materiais didáticos computacionais para o ensino de Ciências [1]. Dessa forma, a partir dos possíveis impactos sociais e ambientais de tais meios de produção, estão sendo construídas atividades de simulação e de resolução de problemas que permitem ao usuário, por exemplo:

- Identificar as causas dos problemas simulados e as suas consequências;
- Propor possíveis soluções;
- Decidir sobre os procedimentos de emergência a serem tomados, a partir do estudo das legislações pertinentes;
- Estudar e analisar casos que permitam tomar providências no sentido de evitar possíveis impactos; e
- Escolher o meio de produção de

energia a ser ampliado em função do aumento da demanda no consumo.

Nesse projeto utiliza-se o conceito de *software* livre, com produtos desenvolvidos em linguagem Java e banco de dados MySQL. O primeiro produto desse projeto foi o *software* educativo *Carbópolis* [16]. Nesse *software*, através de uma estratégia pedagógica de resolução de problemas, abordou-se o problema ambiental da chuva ácida causada pela produção de energia elétrica por queima de carvão mineral; ele pode ser obtido em www.iq.ufrgs.br/aeq/carbop.htm.

O segundo produto deste projeto, o *software* educativo *Cidade do Átomo*, é descrito neste artigo, na próxima seção. Além disso, em uma outra seção, indicamos uma estratégia didática para a utilização deste *software*.

O *software* educativo *Cidade do Átomo*

A utilização da energia nuclear na produção de energia elétrica é um tema em constante debate. As opiniões encontradas nos meios de comunicação são contraditórias e, muitas vezes, controversas. Talvez, por isso, seja um assunto de contínuo interesse por parte de estudantes. Entretanto, as abordagens livrescas de ensino, muitas vezes, não parecem suficientes para qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse debate.

Nesta seção, apresenta-se o segundo produto do projeto mencionado na introdução, o *software* educativo *Cidade do Átomo*, que tem a produção de energia termonuclear como temática. O *software* utiliza a abordagem de resolução de problemas relacionados à proteção radiológica e permite desenvolver uma estratégia pedagógica de jogo de papéis para as discussões sobre a produção de energia elétrica através do uso da energia nuclear, visando qualificar as opiniões dos estudantes sobre esse assunto. Esse *software* pode ser obtido em: www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm.

Rieber e Matzko entendem que os melhores projetos didáticos evocam a experiência do jogo, pois provocam a tendência natural da pessoa improvisar com certos problemas até eles serem resolvidos

Uma das formas de jogo utilizado em educação é a representação de papéis, onde alunos diferentes assumem os diversos papéis de um mesmo enredo, debatendo e defendendo as posições e os argumentos de seus personagens

O problema apresentado em Cidade do Átomo envolve um projeto de expansão da usina nuclear. O usuário do *software* é apresentado ao problema através do depoimento do personagem Demócrito Rutherford Fermi, prefeito da Cidade do Átomo. Nesse seu depoimento, ele relata que

(...)Em anos anteriores, começamos a ouvir falar de projetos de expansão da usina nuclear, com a construção de um novo reator, que triplicaria a produção e a oferta de energia elétrica em nossa região. Nós passaríamos a vender energia elétrica para outros estados e regiões, trazendo mais riqueza para nossa cidade e benefícios para nossa população.

Entretanto, nossa população se mantém receosa e inquieta em relação a essa usina. O problema agravou-se a partir do semestre passado, quando não foi realizada a manutenção preventiva dos equipamentos de segurança da usina, devido aos seus altos custos.

(...)

Depois de concluir suas tarefas, solicito que você, meu caro, preencha o Laudo de Inspeção de Usina Nuclear (LIUN) e, a seguir, escreva um texto em que apóie ou desaprove o projeto de ampliação da usina nuclear, justificando sua opinião.

A utilização do *software* envolve três tarefas, que podem ser realizadas de forma independente e na ordem que melhor convier ao usuário. No cumprimento dessas tarefas, o usuário tem a sua disposição, entre outras ferramentas: a) uma Biblioteca, que contém uma série de textos com conceitos básicos sobre, por exemplo, radiações, radioatividade e energia nuclear; b) uma Hemeroteca, que está junto à Biblioteca, e contém a cópia de notícias e reportagens encontradas em diversos jornais e revistas brasileiras nos últimos dez anos; e c) um bloco de notas, onde é possível escrever e armazenar as dúvidas ou as conclusões parciais sobre os assuntos que estão sendo estudados.

Primeira tarefa: Coleta e análise de amostras de água e de solo

No desenvolvimento das ativida-

des previstas no *software*, o usuário deve coletar amostras de solo e de água do mar que serão, posteriormente, analisadas para saber o teor de radiação presente nessas amostras. Para esse procedimento o usuário deve utilizar o mapa ilustrativo da região de Cidade do Átomo, que pode ser visto na Fig. 1.

Navegando com o cursor do *mouse* sobre o mapa ilustrativo, o usuário pode escolher a localização em que colocará o amostrador. Para colocar ou retirar um amostrador, deve-se utilizar o botão direito do *mouse*. Podem ser colocados no máximo 20 amostradores sobre o mapa ilustrativo. Depois de colocados os amostradores, é possível realizar a análise da radiação de fundo, junto ao módulo de Análise que pode ser acessado através do menu. Os valores de radiação associados às amostras serão mostrados em um outro fichário, chamado de Resultado das Análises. Esses valores podem, então, ser copiados para o bloco de notas.

Segunda tarefa: A inspeção radiológica na usina nuclear

Outra atividade relacionada ao *software* é uma navegação sobre a planta de uma usina nuclear, que é encontrada no fichário de nome Usina Termonuclear ou pode ser acessado através do mapa de Cidade do Átomo; para isso basta clicar com o botão direito sobre a imagem da usina. Essa atividade é realizada em uma tela que pode ser vista na Fig. 2.

Durante a navegação sobre a planta da usina, ao se passar o *mouse* sobre os diferentes ambientes da usina, são obtidos valores de dose de radiação recebida por um trabalhador, que estão indicados em uma barra abaixo do menu. Esses valores devem ser anotados para depois serem inseridos no Laudo de Inspeção e, também, devem ser confrontados com os valores de proteção radiológica que podem ser obtidos na Biblioteca.

Ainda faz parte dessa navegação uma pequena descrição dos vários ambientes que fazem parte de uma usina nuclear. À direita da planta consta uma legenda que indica esses ambientes. Clicando-se sobre o sublinhado, pode-se ver uma fotografia e se ler um pequeno texto que descreve o ambiente.

Terceira tarefa: Depoimentos de personagens como apoio à produção textual ou a atividades de jogo por representação de papéis

Como é indicado no texto de introdução ao *software*, ou seja, no depoimento do prefeito da Cidade do Átomo, o usuário deve se posicionar sobre uma possível ampliação da usina nuclear. Na última pergunta do Laudo de Inspeção existe um espaço para que o usuário escreva seu texto, que posteriormente pode ser avaliado, por exemplo, pelo(a) professor(a) que conduziu a atividade dos alunos.

As informações textuais, presentes na Biblioteca e na Hemeroteca, e as intensidades das radiações, obtidas com a inspeção radiológica na usina e com a análise de radiação de fundo em amostras de água e solos, podem ser utilizadas na confecção desse texto de conclusão do *software* educativo. Além disso, oferece-se ao usuário uma atividade em que ele pode verificar o depoimento de diversos personagens, moradores da Cidade do Átomo. Esses depoimentos podem ser obtidos através da navegação sobre a ilustração de uma praça da Cidade do Átomo, que se encontra no fichário Praça Cen-



Figura 1. Tela do *software* educativo Cidade do Átomo, contendo o cenário para a atividade de coleta e análise de amostras.

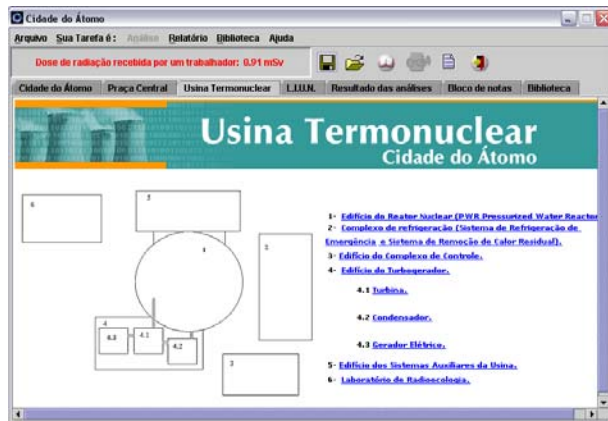


Figura 2. Tela do software educativo Cidade do Átomo em que se realiza a inspeção radiológica na usina nuclear.

central ou pode ser acessado através do mapa ilustrativo da região de Cidade do Átomo, bastando clicar com o botão direito do mouse sobre a figura da cidade. O cenário para acessar o depoimento dos personagens pode ser visto na Fig. 3.

Os depoimentos presentes nessa atividade são estereotipados e, muitas vezes, contraditórios. O objetivo é ilustrar as diferentes abordagens que podem ser dadas a um tema polêmico como a produção de energia nuclear. No total existem 11 depoimentos de personagens. Esses depoimentos foram extraídos de um webfórum promovido pelo ReporterTerra sobre o tema produção de energia termo-nuclear, à época de lançamento da Usina Angra 2 [17]. Dessa forma, os depoimentos dos personagens são transcrições de depoimentos escritos pelos participantes desse fórum. Na Fig. 3, as letras indicam alguns desses depoimentos:

- A) Não se pode desenvolver um país sem energia e a que se tem atualmente de forma mais viável é a energia nuclear. As hidroelétricas e a queima de carvão causam um tremendo impacto ambiental.
- B) O homem, com suas idéias avançadas, aos poucos está cavando o seu próprio buraco.
- C) A tecnologia que tem em nossas usinas nucleares deixa até países de primeiro mundo de boca aberta... Sou a favor, tem riscos, mas o que hoje em dia não é um risco?
- D) Acho que esse tipo lixo atômico é orrível (sic) também (sic) para o meio

ambiente porque no futuro se houver (sic) algum tipo de vazamento (sic) pode sim e com toda certeza (sic) prejudicar não só o meio ambiente mas a todos os seres vivos [depoimento de uma garotinha no fórum do Reporter Terra]. E) *Acho que não deveria existir energia através de usinas nucleares porque é como se fosse uma bomba pronta para explodir. Só não explode porque é controlada, mas se hou-*

ver algum vazamento como é que fica?

Esses depoimentos podem, portanto, ser utilizados pelo usuário para subsidiar a escrita de seu posicionamento sobre a energia nuclear e sobre o projeto de expansão da usina nuclear, conforme consta na última pergunta do Laudo de Inspeção.

Os jogos de representação de papéis

Os depoimentos dos personagens, que fazem parte da terceira tarefa que apresentamos, podem, também, ser utilizados para atividades de debates entre alunos sobre o tema produção de energia nuclear. É possível verificar que três personagens representados na Praça Central dizem não ter “opinião formada sobre o assunto”. Dessa forma, é possível solicitar aos alunos que fazem uso do software que desenvolvam, por exemplo, uma atividade de jogo de representação de papéis, com o objetivo de estipular a opinião desses personagens indecisos. Nesse caso, é interessante abordar, ainda que brevemente, alguns conceitos relacionados aos jogos de representação de papéis.

Conforme Blatner [18], a representação de papéis é um método para a exploração de assuntos em situações sociais complexas e polêmicas. Dessa forma, ela pode ser utilizada para o treinamento profissional (por exemplo, a formação de pilotos da aviação

civil ou treinamento de militares em jogos de guerra) ou em salas de aula para a compreensão de Literatura, História ou Ciência.

Em relação à aprendizagem conceitual, o artigo de Cronin-Jones [19] é de grande utilidade. A seguir, abordamos algumas recomendações dessa autora para o planejamento e desenvolvimento de atividades de representação de papéis.

Inicialmente, é necessário diferenciar as atividades por representação de papéis dos simples debates com finalidades educacionais. Essas estratégias são semelhantes, pois ambas podem priorizar um problema que ainda não foi resolvido pela sociedade, como, por exemplo, o aquecimento global, a poluição das águas, a engenharia genética, o desmatamento e o crescimento populacional. Nesse sentido, também, ambas as estratégias podem auxiliar os estudantes a praticar a comunicação verbal e a busca de informações. Porém, elas se diferenciam na amplitude dos vieses que são postos em discussão.

Os debates envolvem apenas dois grupos de estudantes, os que possuem opinião favorável ao tema em debate e aqueles que têm opinião contrária. Por exemplo, fazer um debate sobre energia nuclear, consistiria em perguntar aos alunos se eles são contra ou a favor a produção de energia nuclear e escrutinar seus motivos. Pode-se notar que essa abordagem é polarizada e pode favorecer pensamentos de tipo dualístico, no qual se acreditaria que para os assuntos em debate haveria apenas duas posições, uma sendo considerada certa e a outra errada.

Dessa maneira, diferente dos debates, as atividades de representação de



Figura 3. Ilustração da Praça Central de Cidade do Átomo.

papéis envolvem no mínimo quatro grupos de estudantes, com diferentes pontos de vista e perspectivas. Essas atividades são apoiadas por um cenário, que pode conter uma descrição real ou hipotética do assunto a ser abordado, do problema a ser resolvido ou evitado.

O cenário deve claramente descrever a temática em questão e identificar os personagens que estão envolvidos na representação de papéis. Os personagens podem ser poucos, como quatro ou cinco, reunindo grupos de estudantes, ou muitos, como um por estudantes.

No caso de Cidade do Átomo, o cenário envolve a discussão sobre a produção de energia elétrica através da utilização da energia nuclear. Na atividade de representação de papéis, os personagens poderiam, por exemplo, ser os mesmos que estão ilustrados na Praça Central: um ecologista, um religioso, uma dona de casa, um aposentado, um engenheiro, um trabalhador de empresa de energia elétrica ou um pipoqueiro.

Esses personagens podem ser definidos entre o professor que conduz a atividade e seus alunos. O próximo ponto é desenvolver orientações que sumarizem as questões-chave e os argumentos que poderão ser apresentados pelos personagens. Essa orientação pode incluir as seguintes questões:

1) Sua posição é favorável ou contrária ao assunto?

2) Que argumentos suportam sua posição?

3) Que outros indivíduos, grupos ou organizações você considera que concordam com sua posição?

4) Que outros indivíduos, grupos ou organizações você acredita que discordam de sua posição?

5) Quais são alguns argumentos contrários a sua posição?

6) Como você poderia responder a esses argumentos?

É necessário, também, escolher um formato para a apresentação dos posicionamentos dos personagens sobre o tema em discussão. As atividades de

representação de papéis podem ser desenvolvidas através dos seguintes formatos:

A) Um fórum aberto com um moderador, onde qualquer um que queira falar pode fazê-lo por determinado tempo, quando indicado pelo moderador;

B) Uma discussão em mesa-redonda, com um determinado tempo de fala para cada um dos oradores, seguido da confrontação entre posições antagônicas; e

C) Uma sala forense, com um juiz e um júri externo, onde as apresentações devem ser feitas com um tempo determinado para os argumentos de cada posição, algum tempo para exames e refutações e, por fim, um tempo para os argumentos de encerramento.

Por fim, as regras do jogo devem, também, ser acordadas entre alunos e professor de forma a descrever os procedimentos de votação das propostas que visem a resolver o assunto. Os votos podem ser individuais, por delegação ou feitos pelo júri externo. É necessário, ainda, tomar algumas decisões sobre a apuração desses votos para decidir a resolução a ser tomada pelos participantes do jogo. A resolução pode depender de maioria simples ou de uma maioria significativa, como por exemplo, de dois-terços dos votos.

Conclusão

Neste artigo, fizemos uma breve revisão de algumas estratégias pedagógicas que podem ser utilizadas com computadores no ensino das ciências. Abordamos sucintamente, então, nosso projeto que visa o desenvolvimento de materiais didáticos computacionais sobre a produção de energia elétrica e seus impactos ambientais e sociais. A seguir, apresentamos o *software* Cidade do Átomo, o segundo produto desse projeto, e descrevemos a estratégia pedagógica de representação de papéis.

Segundo Cronin-Jones [19], os estudantes que participam em ativida-

des de representação de papéis percebem que, por exemplo, os problemas relacionados com a ciência e a tecnologia são, em geral, complexos e que não existem soluções simples para eles. Nesse sentido, procuramos incluir no *software* educativo Cidade do Átomo personagens e cenários que possam ser utilizados para o desenvolvimento desse tipo de atividade. Pretende-se, posteriormente, verificar como esse tipo de atividade é efetivamente utilizado em contexto escolar.

Referências

- [1] M.L. Eichler, M.R. Gonçalves, F.O.M. Silva, F. Junges e J.C. Del Pino, *Revista Novas Tecnologias na Educação* **1**(2), (2003).
- [2] D.W. Carraher, *Acesso* **2**(3), 32 (1990).
- [3] D.W. Carraher, *Acesso* **3**(5), 21 (1992).
- [4] L. Fagundes, L. Sato e D. Maçada, *Aprendizes do Futuro: As Inovações Começaram!* (SEED, MEC, Brasília, 1999).
- [5] X. Lin, J.D. Bransford, C.E. Hmelo, R.J. Kantor, D.T. Hickey, T. Secules, A.J. Petrosino e S.R. Goldman, *Educational Technology* (**Sep-Oct**), 53 (1995).
- [6] B.G. Silverman *Computers & Education* **25**(3), 81 (1995).
- [7] R.M. Starr, *Educational Technology* (**May-June**), 7 (1997).
- [8] D. Laurillard, *British Journal of Educational Technology* **23**, 164 (1992).
- [9] J.V. Farynaiarz e L.G. Lockwood, *Journal of Research in Science Education* **29**, 453 (1992).
- [10] L.P. Rieber e M.J. Matzko, *Educational Technology* (**Jan-Feb**), 14 (2001).
- [11] J. Duveen e J. Solomon, *Journal of Research in Science Teaching* **31**, 575 (1994).
- [12] D.M. Whisnant, *Journal of Chemical Education* **69**, 42 (1992).
- [13] D.M. Whisnant, *Journal of Chemical Education* **61**, 627 (1984).
- [14] J.M. Carroll, *Interacting with Computers* **13**, 43 (2000).
- [15] J.K. Gilbert, *Enseñanza de las Ciencias* **13**(1), 15 (1995).
- [16] M.L. Eichler e J.C. Del Pino, *Química Nova na Escola* **11**, 10 (2000).
- [17] M.L. Eichler e J.C. Del Pino, *Química Nova na Escola* **15**, 24 (2002).
- [18] A. Blatner, *Role Playing in Education*, Versão de 2002, disponível em <http://www.blatner.com/adam/pdntbk/rplyedu.htm>. Acesso em 18/03/2005.
- [19] L. Cronin-Jones, *The Science Teacher* **67**(4), 48 (2000).