



# UM OBJETO DE APRENDIZAGEM PARA TRABALHAR CONCEITOS DE RADIOATIVIDADE E MODELOS ATÔMICOS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA.

## A LEARNING OBJECT TO WORK RADIOACTIVITY AND ATOMIC MODELS CONCEPTS DURING CHEMISTRY TEACHERS' FORMATION.

Tania Denise Miskinis Salgado<sup>1</sup>  
Greice de O. Hainzenreder<sup>2</sup>, Shirley Martim da Silva<sup>3</sup> e José Claudio Del Pino<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UFRGS / Departamento de Físico-Química – Instituto de Química – tania.salgado@ufrgs.br

<sup>2</sup>UFRGS / Instituto de Química – greicequi@yahoo.com.br

<sup>3</sup>UFRGS / PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde – shirley@iq.ufrgs.br

<sup>4</sup>UFRGS / Departamento de Química Inorgânica – Instituto de Química – aeq@iq.ufrgs.br

### Resumo

A evolução dos modelos atômicos é um assunto comumente abordado no início do estudo da Química no ensino médio. Assim, é importante que o professor de Química desenvolva, em sua formação, competências que lhe permitam trabalhar esse assunto naquele nível de ensino. O objeto de aprendizagem aqui apresentado consiste em um hipertexto que, através de uma abordagem histórica, numa perspectiva construtivista, propicia compreender como o avanço das descobertas no campo da radioatividade contribuiu para a reformulação dos modelos atômicos, em busca de modelos capazes de explicar aquelas descobertas e fazer previsões a respeito da emissão de partículas e de energia pelos núcleos atômicos. Pretende-se assim disponibilizar recursos no âmbito das TIC para que o professor possa trabalhar esse assunto adequadamente com seus alunos, em sala de aula, no ensino médio.

**Palavras Chave:** objeto de aprendizagem, ensino de modelos atômicos, ensino de radioatividade.

### Abstract

Atomic models evolution is a chemistry subject studied in the beginning of high school. Thus, it is important that chemistry teachers acquire, along with their formation, competences to deal with this kind of subject in that educational level. The learning object presented here consists on an hypertext which uses a historical development and a constructivist approach, in order to propitiate an understanding of how the new knowledge in the radioactivity field contributed to the reformulation of atomic models, searching for models able to explain that discoveries and making predictions with respect to particles and energy emissions by atomic nucleus. Resources will be disposable through Technologies of Information and Communication (TIC), so the teacher will be able to use it properly with his students, in high school.

**Keywords:** learning object, atomic models teaching, radioactivity teaching.

## INTRODUÇÃO

O conceito de átomo é um dos conceitos centrais da Química. A preocupação com a essência da matéria fez parte da filosofia da Grécia antiga e foi nessa época que se postulou a noção de átomo, entendido como a partícula indivisível fundamental da estrutura de todos os materiais. O conceito de átomo permanece fundamental à ciência química, tendo sido refinado, daquela época até nossos dias, por muitas teorias que utilizaram dados empíricos e diferentes modelos conceituais. Entretanto, trabalhos dedicados à análise da abordagem da estrutura atômica no ensino de química da escola básica têm mostrado a inadequação das estratégias propostas para sua aprendizagem e apontado a necessidade de se elaborar novas abordagens para o seu ensino.

Kind (2004) discute as concepções espontâneas dos alunos sobre a natureza da matéria em partículas, citando Novick e Nussbaum (1981), segundo os quais o problema básico da aprendizagem está em se exigir que o aluno supere as compreensões imediatas que o levam a ter uma visão contínua da estrutura da matéria. O aluno deve acomodar suas concepções espontâneas do mundo físico a fim de absorver um novo modelo adotado pelos cientistas. No entanto, internalizar o modelo exige superar dificuldades cognitivas básicas tanto de natureza conceitual quanto de natureza perceptiva. Outro trabalho mostrou que, mesmo em nível qualitativo, é difícil para os alunos seguirem o raciocínio envolvido na interpretação dos fenômenos que levaram à construção de um modelo atômico nuclear (Eichler e Del Pino, 2000). Já Mortimer (1997) mostra que, no ensino de estrutura atômica, não é a atualidade que deveria nortear as atividades, mas sim a aplicabilidade dos conceitos a serem trabalhados, pois, no desenvolvimento do conceito de átomo, embora a visão quântica tenha aparecido mais recentemente e seja mais abrangente, existem contextos em que a teoria clássica também é apropriada como ferramenta explicativa, como por exemplo no estudo de propriedades físico-químicas utilizadas para a classificação dos elementos químicos.

O ensino de química é muitas vezes criticado, entre outros fatores, pelo seu dogmatismo e “a-historicismo” (Chassot, 1993). Segundo Niaz (2005), a maioria dos currículos e livros didáticos de Química Geral não apenas ignoram o contexto em que se deu o progresso da ciência, como também enfatizam uma aprendizagem baseada na estratégia de uso de algoritmos. O autor defende que uma reconstrução histórica do avanço da ciência pode mostrar que o progresso científico ocorre via debates e controvérsias, o que pode elevar o interesse e facilitar a compreensão dos estudantes. Uma proposta que está em consonância com esta idéia consiste em mostrar como os diferentes modelos atômicos foram construídos e porque, eventualmente, alguns foram abandonados e outros foram modificados.

Romanelli (1996), a partir de um estudo sobre o papel mediador do professor no processo de aprendizagem do conceito de átomo, defende a necessidade de elevar, simultaneamente, o nível de reflexão e a capacidade de atuação dos professores que já se encontram nas escolas, bem como dos que estão sendo formados em cursos de licenciatura. Nessa perspectiva, uma proposta que se estrutura interdisciplinarmente, com aporte de conceitos das áreas de química e de física trabalhados numa perspectiva histórica, contribui para a formação integrada do professor, oportunizando uma reflexão aprofundada a respeito do assunto. Supera-se assim a mera memorização de conceitos, em busca de uma aprendizagem mais significativa, que busca contextualizar as descobertas dos cientistas em suas respectivas épocas.

Taber (2000), adotando uma perspectiva construtivista, considera o currículo como um programa de atividades que encorajam estudantes a reconstruir o conhecimento científico. Para aplicar tal proposição ao ensino universitário, considera

três fatores essenciais: os conhecimentos prévios dos estudantes, a seleção e organização dos conteúdos e a escolha apropriada de métodos de ensino.

A presença das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) – Internet, e-mail, multimídia, videoconferência – no ensino universitário tem um efeito potencial transformador sobre os modelos de ensino, equilibrando a centralidade entre os sujeitos envolvidos, assim como sobre os materiais didáticos, permitindo uma diversificação nos meios de busca de informação, que usualmente estão centralizados no livro didático (Zabalza, 2003). A utilização desses recursos contribui para que os estudantes alcancem autonomia, criticidade e tomada de decisão no seu processo de formação profissional. Numa perspectiva de Ensino por Pesquisa, na qual a vertente metodológica enfatiza o equilíbrio dinâmico entre o “agir” e o “pensar”, e concebendo as atividades de ensino organizadas num pluralismo metodológico, as TIC se constituem em recursos para procura, seleção e organização da informação, além de permitirem testar ideias mediante simulação de experiências (Cachapuz et al. 2001).

Um hipertexto consiste em um conjunto de páginas de informação – também chamadas nós – interligadas ativamente, de forma a possibilitar consultas imediatas, em uma ordem que é ditada pelo leitor. Essas páginas de informação podem conter palavras, imagens, gráficos, sequências sonoras, filmes e documentos complexos, que podem, eles mesmos, ser hipertextos. A ligação entre os nós não é linear e, em alguns casos, chega mesmo a possuir conexões em forma de estrela, de modo reticular. Essa estrutura polierarquizada auxilia a formalização do conteúdo de problemas complexos e pode ser planejada através de diferentes eixos temáticos, elegendo-se os tópicos centrais ao tema do hipertexto e, quando se julgar necessário ampliar o assunto de algum desses tópicos centrais, novos tópicos são produzidos, interligando-os (Eichler e Del Pino, 2006).

A evolução dos modelos atômicos é um assunto comumente abordado no início do estudo da Química no ensino médio. Silva et al. (2003), em trabalho realizado com professores de disciplinas de Química Geral de etapas iniciais de cursos de graduação, verificaram que os erros conceituais mais citados por esses professores estiveram ligados justamente à estrutura atômica e à compreensão do modelo orbital. Nessa perspectiva, torna-se relevante instrumentalizar o professor de Química do ensino médio, a fim de que ele possa contribuir para que os seus alunos minimizem esta dificuldade. Para isso, é importante que o professor de Química adquira, ao longo de sua formação, competências que lhe permitam trabalhar esse assunto adequadamente naquele nível de ensino.

Uma abordagem construtivista parece coerente com a estratégia de utilizar a evolução histórica para organizar a estrutura conceitual nesse campo do conhecimento. A evolução dos modelos atômicos, principalmente no final do século XIX e início do século XX, ocorreu de forma intimamente ligada ao avanço do conhecimento na área da radioatividade. Entretanto, esses dois assuntos raramente são abordados, nos cursos de formação de professores de Química, de forma integrada, pois os modelos atômicos são objeto de estudo das disciplinas introdutórias de Química, enquanto os conteúdos de radioatividade são normalmente abordados em disciplinas da área de Física.

O objeto de aprendizagem aqui apresentado foi desenvolvido na forma de um hipertexto que, através de uma abordagem histórica, numa perspectiva construtivista, propicia compreender como o avanço das descobertas no campo da radioatividade determinou a reformulação dos modelos atômicos, em busca de modelos cada vez mais refinados, que fossem capazes de explicar aquelas descobertas e de fazer previsões a respeito da emissão de partículas e de energia pelos núcleos atômicos. Pretende-se, com este objeto de aprendizagem, disponibilizar recursos no âmbito das TIC para que o professor de Química possa trabalhar com seus alunos, em sala de aula, a evolução dos modelos atômicos de forma alternativa àquela centrada na simples memorização.

O estudo realizado por Silva et al. (2003) com professores de Química Geral em cursos de graduação revelou que a integração dos conceitos e do conteúdo do curso é muitas vezes deixada para os estudantes que, na maioria das vezes, manifestam dificuldades com essa integração conceitual. A partir dessa constatação, sugerem ampliar a integração entre as disciplinas iniciais dos cursos de química, física e matemática. Essa integração possibilitaria uma completa discussão dos conceitos químicos, abrindo caminho para a comparação e os contrastes entre as disciplinas, elevando o processo de transposição do conhecimento para novos contextos, em um empreendimento intelectual equivalente à aprendizagem de novos conteúdos. A presença de “disciplinas articuladoras” no currículo da Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), implementado a partir do ano de 2005, busca justamente propiciar essa integração conceitual, principalmente por meio da discussão das peculiaridades relativas ao ensino de certos conceitos na área de Química. Nesse contexto, um dos principais objetivos da introdução da disciplina de Radioquímica no currículo do curso de Licenciatura em Química, de acordo com seu plano de ensino, é o de que “o aluno compreenda a relação entre a evolução histórica do conhecimento sobre a natureza dos fenômenos nucleares e a evolução histórica dos modelos atômicos, instrumentalizando-o para trabalhar modelos atômicos em sala de aula no ensino médio”. O objeto de aprendizagem aqui apresentado destina-se, inicialmente, a ser utilizado no desenvolvimento deste assunto na disciplina de Radioquímica do curso de Licenciatura em Química da UFRGS.

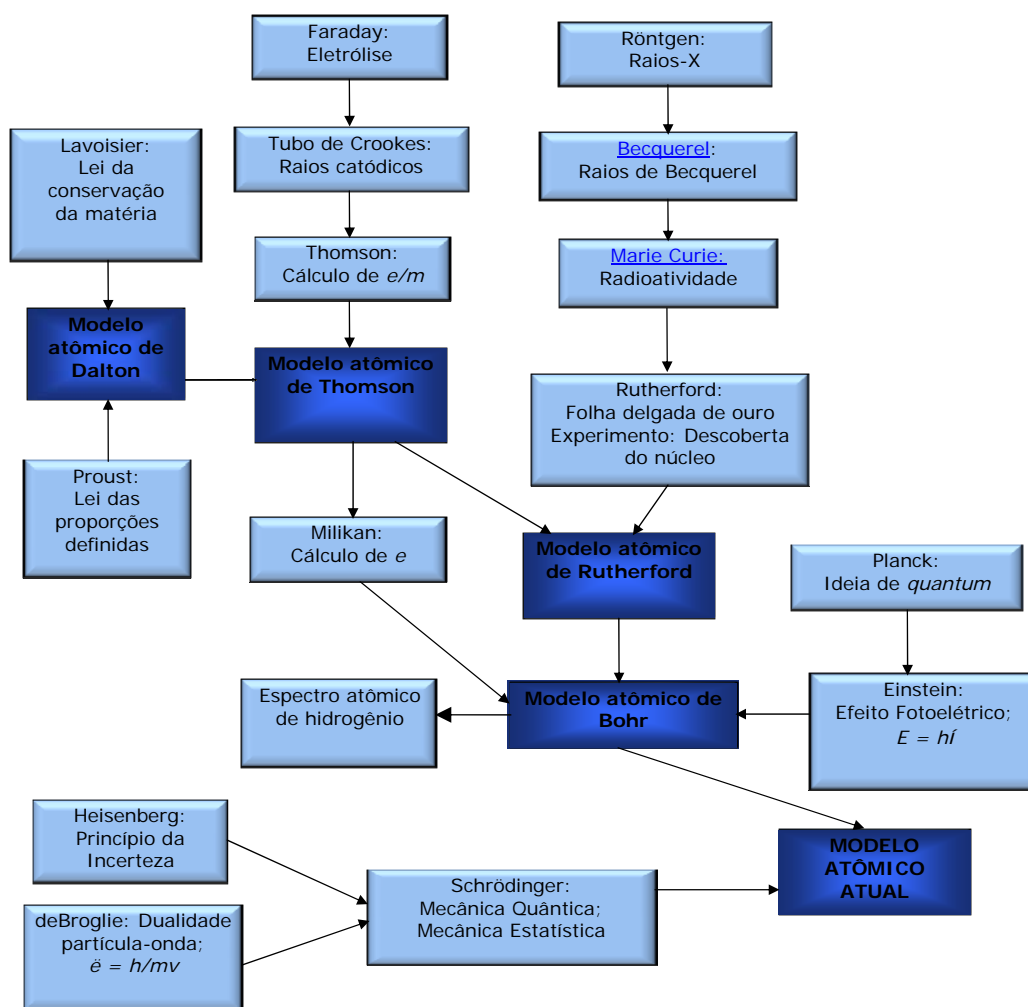
## **O OBJETO DE APRENDIZAGEM**

O objeto de aprendizagem proposto consiste em um hipertexto que conduz o estudante através de uma viagem no tempo, durante a qual ele pode interagir com textos, figuras e animações, realizando atividades que lhe permitam conhecer como foram feitas as experiências que propiciaram as descobertas dos cientistas da época. As conclusões de cada experiência são utilizadas, em uma perspectiva de construção interacionista do conhecimento, para a formulação de um modelo mais refinado, seguindo-se o processo histórico das descobertas científicas, até se chegar ao modelo atômico quântico atual. A ênfase do objeto está na integração entre conceitos de química e física, bem como na abordagem histórica do tema, em uma perspectiva construtivista. O tema escolhido e a estrutura do hipertexto construído estão em consonância com o caráter articulador da disciplina de Radioquímica, pois buscam trabalhar não somente os conteúdos, como também a metodologia para seu ensino.

Na perspectiva histórica e interdisciplinar, o material elaborado caracteriza-se pela integração entre as áreas de física e química analítica com a perspectiva histórica, na medida em que se resgata o papel fundamental que a marcha analítica clássica, aplicada por Mme. Curie aos minérios de urânio teve na descoberta de dois novos elementos químicos, o polônio e o rádio (Todesco, 1990), sendo esta a principal contribuição original deste objeto de aprendizagem, em contraposição à abordagem usualmente encontrada nos livros didáticos para este assunto. Nessa mesma perspectiva, procurou-se resgatar, no hipertexto, o papel crucial dos trabalhos de Rutherford e seus colaboradores Geiger e Marsden (raramente citados em livros didáticos tradicionais) para a proposição do modelo de átomo nuclear. Faz-se uma apresentação coerente com o desenvolvimento histórico dos fatos, mostrando-se como o trabalho de Rutherford está relacionado com os trabalhos precedentes, desenvolvidos pelo casal Curie, e como o modelo nuclear de Rutherford serviu de base para a proposição de um novo modelo, por parte de Niels Bohr (Atkins e Jones, 2006).

Procura-se também destacar a importância dos trabalhos de Bohr para o desenvolvimento da mecânica quântica e seu enorme potencial para introduzir os estudantes a esta área do conhecimento. Enfatiza-se como se deu o desenvolvimento das ideias de Bohr, demonstrando-se a importância central de seu trabalho em sintetizar as descobertas prévias e relacioná-las às descobertas que se seguiram. Esta abordagem se contrapõe à abordagem usualmente empregada no ensino médio, na qual geralmente é dada grande ênfase aos aspectos nos quais a teoria de Bohr falha, sem que lhe seja creditada a verdadeira importância de seu papel na evolução das ideias até a formulação do modelo quântico para o átomo (Haendler, 1982).

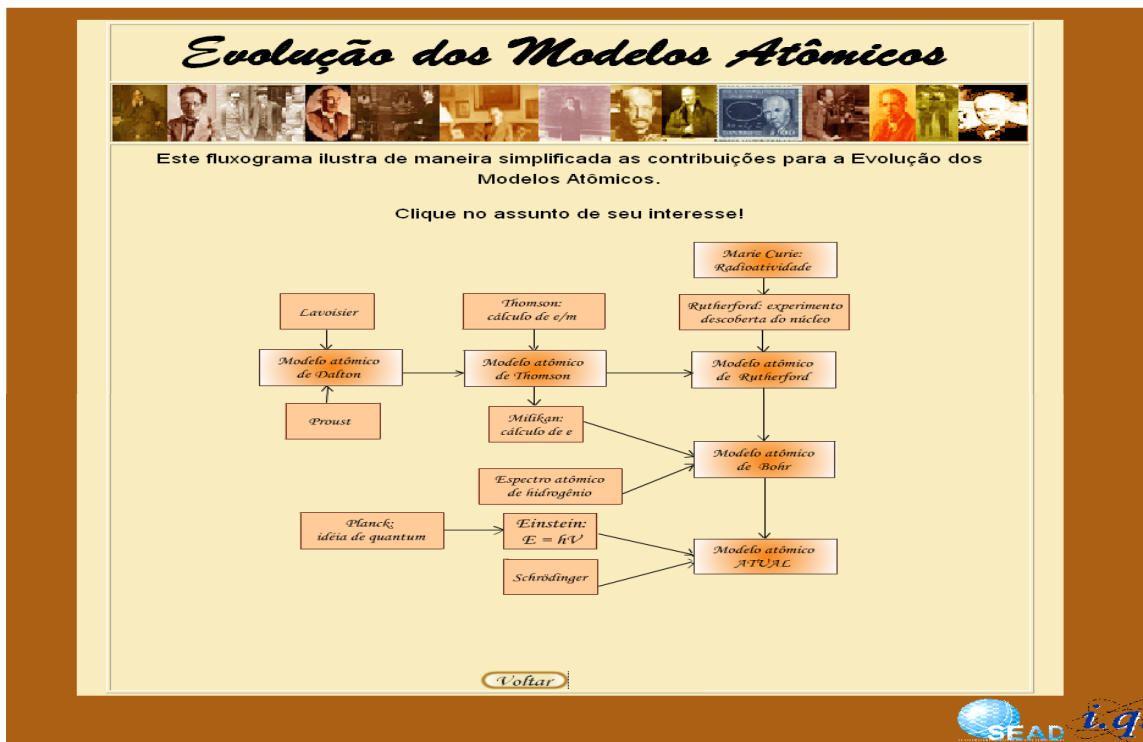
A estrutura geral do hipertexto pode ser visualizada na representação da Figura 1, que evidencia, de modo imediato, a importância histórica das descobertas de Becquerel, Marie Curie, Rutherford e Bohr na formulação do modelo atômico atualmente aceito, que é o modelo quântico (Segrè, 1980).



**Figura 1 – Representação da estrutura do hipertexto que aborda a relação entre as descobertas no campo da radioatividade e a evolução dos modelos atômicos.**

O hipertexto completo está disponível no endereço: <http://www.iq.ufrgs.br/ead/fisicoquimica>. O interesse do usuário é que determina a navegação, pois basta que o usuário vá clicando no assunto de seu interesse e novas páginas irão se abrir. Cada quadro do diagrama da Figura 2 consiste em um *link* que

conduz para novas páginas, as quais contêm materiais diversificados a respeito de cada assunto: textos, biografias, figuras, animações e atividades propostas, nos quais estão presentes outros *links*, e assim por diante, sendo possível navegar em diversas direções.



**Figura 2 – Página que contém os *links* iniciais para cada um dos assuntos trabalhados no hipertexto.**

A partir deste esquema inicial, é possível ter acesso aos pressupostos dos diversos modelos atômicos, conhecer como e porque foram propostos, interagir com animações e conhecer mais sobre o assunto através do direcionamento para outros endereços da Internet e de domínio público como a Wikipedia, por exemplo (Figura 3).

Em 9 de março de 1896, Becquerel já descobrira que a radiação emitida pelo urânio não apenas escurecia as chapas fotográficas protegidas, como também ionizava gases, transformando-os em condutores. A partir daí, era possível medir a "**atividade**" de uma amostra simplesmente medindo a ionização que ela produzia. O instrumento usado para essa medição foi um rústico **eletroscópio de lâminas de ouro**.

Para saber mais sobre eletroscópios:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Electrometer>  
<http://www.orau.org/ptp/collection/electrometers/electrometers.htm>

Becquerel prosseguiu seus estudos, mas restringiu-se apenas ao urânio como fonte de seus raios, pois o urânio era a substância que ele melhor conhecia.

**Marie Curie** procurava tópicos possíveis para sua tese de doutoramento e tomou conhecimento desse trabalho. Como seu marido, o físico francês Pierre Curie, trabalhava na École Supérieure de Physique et de Chimie, em Paris, pôde contar com um laboratório lá – mas tinha que arranjar o material para trabalhar. Como química, estava interessada em descobrir se outros elementos emitiam a tal radiação, isto é, se eram radioativos. Depois de Pierre Curie ter desenvolvido método muito sensível de detectar a radiação de uma fonte radioativa, Marie Curie investigava toda substância que encontrava para conseguir a resposta a essa pergunta.

**Figura 3 – Exemplo de página que conduz a um verbete da Wikipedia.**

Nesta mesma figura, é possível observar que há um *link* no nome de Madame Curie, o qual conduz a um novo hipertexto, com sua biografia, como é mostrado na Figura 4. Especial atenção foi dada à apresentação da biografia dos cientistas que mais contribuíram para as descobertas científicas que levaram à evolução dos modelos atômicos, mostrando-os como pessoas comuns que se dedicaram intensamente ao trabalho científico, motivo pelo qual são reconhecidos até os dias de hoje.

## Evolução dos Modelos Atômicos



### Marie Curie (1867–1934)



Marya Skłodowska, nasceu na Polônia. Depois viveu na França, onde era chamada Marie, e é conhecida, nos dias de hoje, como Madame Curie.

Era filha de professores e cresceu numa casa cheia de livros; absorvia livro após livro. Quando se formou, com distinção, pensava entrar na Universidade de Varsóvia – que não aceitava mulheres – pois nem ela nem a família tinham dinheiro suficiente para que ela fosse estudar em Paris. Juntamente com a irmã, Bronya, imaginou um plano de auxílio mútuo. Marya trabalharia para ajudar Bronya durante os estudos de medicina em Paris, e depois Bronya trabalharia para ajudar Marya. O plano teve êxito, e Marya matriculou-se na Sorbonne, em Paris, em novembro de 1891. Vivía com extrema frugalidade, nada gastando em supérfluos, nem mesmo em comida.

Em diversas ocasiões desmaiou, pois trabalhava constantemente e comia apenas algumas cerejas e rabanetes. Conseguiu, porém, formar-se em primeiro lugar na sua turma. Quase exatamente 15 anos depois, em 5 de novembro de 1906, Marie Curie foi a primeira mulher a ser contratada para ensinar naquela mesma universidade.

Trabalhando no laboratório de pesquisas de Gabriel Lippmann, conheceu, em 1884, o cientista francês Pierre Curie, com quem casaria no ano seguinte, formando o mais famoso casal de cientistas da história. Com dois diplomas universitários e uma bolsa de estudos, em 1897, publicou seu primeiro trabalho importante, *Investigações sobre as propriedades magnéticas do aço temperado*. Nesse mesmo ano, nasceu sua primeira filha Irene, que também foi uma importante cientista da época, assim como sua mãe. Em 1900, apresentou no Congresso de Física de Paris as suas descobertas do polônio e do rádio. Em 1903, Marie e Pierre Curie ganharam o Prêmio Nobel de Física, dividindo-o com Antoine Becquerel, por suas descobertas no campo da radioatividade. Em 1904, nasceu sua segunda filha, Eva, que se tornaria sua biógrafa. Ganhou a cátedra de física da Faculdade de Ciências de Sorbonne, em 1906, após a morte de Pierre em um acidente de trânsito, tornando-se a primeira mulher a ocupar tal cargo na França. Publicou *Traité sur la radiographie* (1910), em que sintetizou as pesquisas realizadas com seu marido e com seu aluno Langevin.

**Figura 4 – Exemplo de página que apresenta uma biografia, no caso, a de Madame Curie.**

Embora este objeto de aprendizagem tenha sido desenvolvido inicialmente para ser utilizado em uma disciplina de um curso de graduação ou em um curso de formação continuada de professores, ele também pode ser utilizado pelos alunos, em sala de aula no ensino médio. Entretanto, enquanto no ensino superior o estudante poderá conduzir seu aprendizado de forma bastante independente, no ensino médio o uso do material pressupõe um apoio por parte do professor aos estudantes, uma vez que alguns dos textos fazem uso de equações às vezes um pouco complexas para o ensino médio. No entanto, essas equações constituem-se em parte inerente aos modelos, particularmente os de Rutherford, de Bohr e o modelo quântico, de modo que uma abordagem completa

do assunto não pode deixar de apresentá-las, particularmente no ensino superior. Assim, o papel do professor no ensino médio seria o de fazer um recorte do que ele considera ser mais adequado para trabalhar com seus alunos, bem como de enfatizar aos estudantes os princípios básicos de cada modelo e os aspectos da evolução histórica do conhecimento do assunto, orientando-os a não entrar em detalhes sobre a resolução destas equações.

### **AVALIAÇÃO DO OBJETO DE APRENDIZAGEM**

A implementação do hipertexto foi realizada nos semestres 2008/1, 2008/2 e 2009/1, na disciplina QUI03009 - Radioquímica, de caráter obrigatório no currículo do curso de Licenciatura em Química da UFRGS. Os sujeitos participantes desta investigação foram os dezenove estudantes matriculados ao longo desses semestres. A intervenção em sala de aula se deu na fase inicial da disciplina, visto que o tópico inicial da disciplina de Radioquímica aborda os aspectos da descoberta da radioatividade e a evolução histórica do conhecimento sobre a natureza dos fenômenos nucleares e sua relação com a evolução dos modelos atômicos. Os estudantes foram convidados a explorar o hipertexto e foi proposto um estudo dirigido sobre o conteúdo apresentado, cujas questões versavam sobre a totalidade do conteúdo do hipertexto e, portanto, os estudantes teriam que percorrê-lo em sua totalidade para localizarem o conteúdo que se adequassem às questões formuladas. Posteriormente, as respostas ao estudo dirigido foram discutidas em sala de aula. A avaliação do hipertexto foi a atividade subsequente à resolução do estudo dirigido. A ficha de avaliação foi desenvolvida segundo os critérios geralmente encontrados em fichas de avaliações de softwares educativos, onde o foco de análise visa aspectos técnicos e pedagógicos.

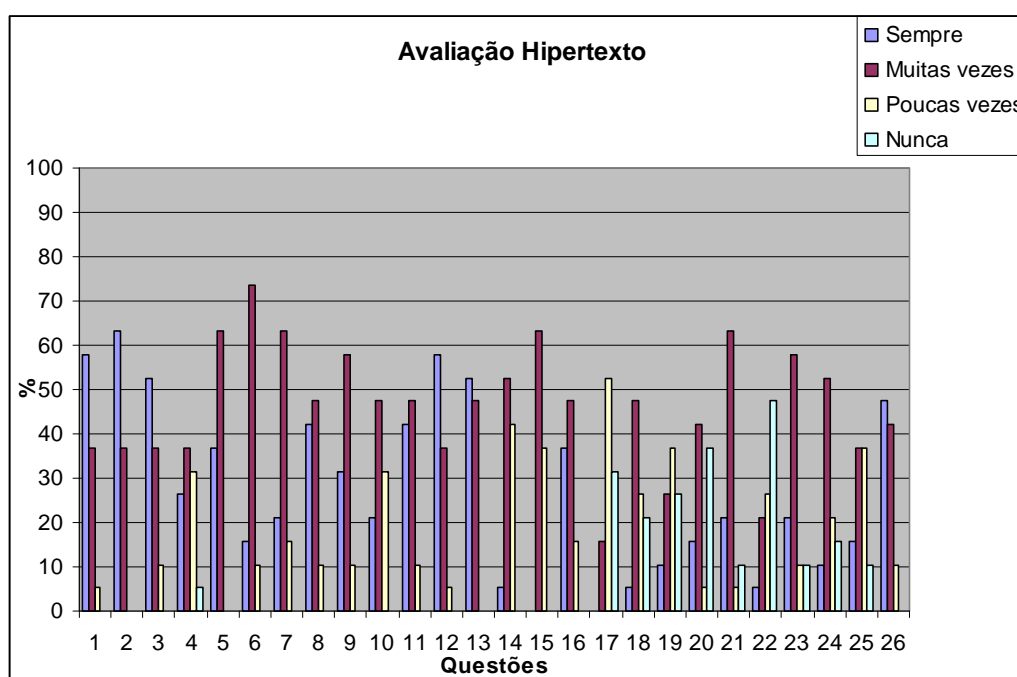
No processo de avaliação de materiais didáticos no campo da tecnologia da informação devem ser considerados basicamente dois aspectos, os pedagógicos e os técnicos. No que tange aos aspectos técnicos, procurou-se diagnosticar qualidades de apresentação do ambiente, tais como: orientação e navegação, *layout* de tela, formas de interação, estruturas e recursos de animação, entre outros. Sob este aspecto técnico pode-se perceber pelos comentários dos estudantes alguns aspectos funcionais que são pertinentes e merecem maior atenção, tais como: “O site só funciona direito pelo Internet Explorer, no Firefox os botões de “iniciar” não aparecem (tanto para entrar na página quanto para voltar ao início)”; “Quando entramos em uma página e ‘usamos’ o hiperlink, aparece apenas a opção de voltar ao início, mas não a de voltar para a página que estávamos lendo”; “Ele abre muitas novas janelas e abas. Quando uso a Internet já pesquisei em vários sites diferentes, daí fica pouco dinâmico várias abas do mesmo site. Sou da opinião de que só deve abrir uma nova aba ou janela (prefiro abas) quando for um link externo, tipo da Wikipédia (no site, alguns estão abrindo janela, outros não)”. Em suma, os aspectos técnicos contemplam o que se espera deste tipo de material didático e, embora haja a necessidade de alguns ajustes, pode-se perceber no comentário dos estudantes a eficácia do instrumento: “Meus comentários ficaram em torno da questão gráfica e funcional porque o trabalho está muito bom; gostei do método, da ideia, do conteúdo, enfim, pode dar os parabéns para todo o pessoal, o site está excelente”.

Os aspectos pedagógicos avaliam em que medida a apresentação do conteúdo do hipertexto permite uma aprendizagem significativa, cumulativa e integrativa, em que medida o conteúdo faz conexões entre a nova informação e os conhecimentos já adquiridos por parte dos estudantes. Esses aspectos pedagógicos vêm ao encontro da proposta do hipertexto de ser um instrumento com uma abordagem construtivista,



permitindo que o aprendiz construa diferentes caminhos para solucionar um determinado problema. Desta forma o conteúdo é apresentado de forma não-linear, possibilitando que o usuário reveja e retome seu processo de construção do conhecimento. Assim, os recursos: “Pare e Pense”, os exercícios, e as alternativas de navegação favorecem a capacidade de elaboração e criação do conhecimento a partir da ação e reflexão.

Na Figura 5, é apresentada a síntese do resultado das vinte e seis perguntas que os estudantes deveriam responder com a inserção de um (x) na opção que contemplasse mais claramente sua percepção a respeito da navegação e utilização do conteúdo do hipertexto. A ficha de avaliação apresentava numa primeira coluna características relevantes na apresentação de um material didático multimídia e na segunda coluna as opções *Sempre*, *Muitas vezes*, *Poucas vezes* e *Nunca*.



**Figura 5 – Síntese da avaliação do Hipertexto**

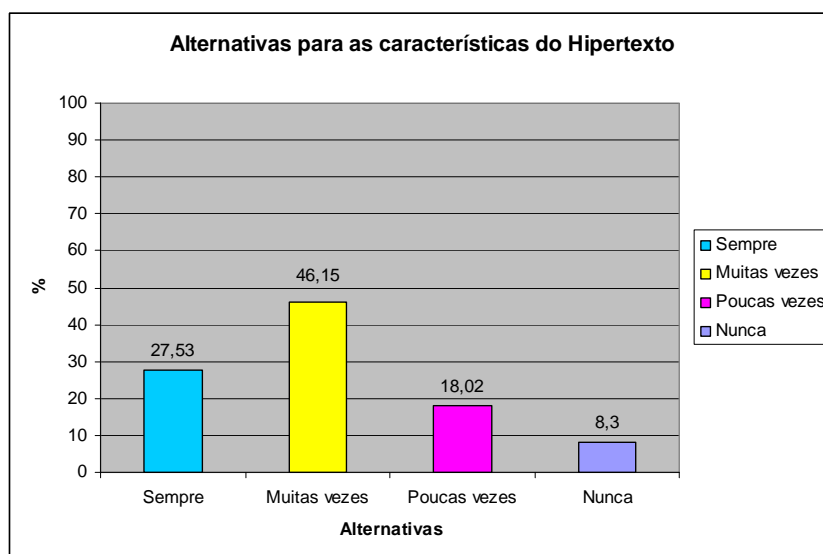
As questões que tratavam da interface gráfica, ou seja, orientação e navegação, formas de interação, apresentação do conteúdo, *layout* de tela, estrutura e recursos de animação são apresentadas nas questões: 1, 5, 16, 18, 20, 21 e 22. Deste grupo de questões, 71,43% pontuaram que essas características “*sempre*” ou “*muitas vezes*” apareciam desejavelmente. Apenas a questão 22 pontuava um aspecto funcional indesejável em relação aos recursos visuais e ao excesso de informação, obtendo um percentual de 73,69% das opções “*poucas vezes*” e “*nunca*”, corroborando que o bloco interface gráfica preencheu os parâmetros necessários para a adequada utilização deste objeto de aprendizagem. Já em relação ao conteúdo, no que se refere à adequação e relevância curricular, vocabulário e correção da ortografia podemos compilar as questões: 2, 3, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 23 e 24 referentes a esse tema. Nele percebemos que 66,32% dos estudantes escolheram as opções “*sempre*” e “*muitas vezes*”, podendo-se inferir que esses tópicos considerados importantes na apresentação de um ambiente virtual atenderam os objetivos educacionais pré-estabelecidos.

Quanto à adequação aos utilizadores, isto é, em que medida a aplicação é apropriada ao público a quem se destina e se há necessidade de pré-requisitos para a sua utilização, estes aspectos foram avaliados positivamente nas questões 12, 13, 25 e 26. Já

as questões 4, 6 e 8 buscavam investigar em que medida a navegação permite uma aprendizagem significativa, cumulativa e integrativa dos conceitos a que se propõe o objeto de aprendizagem. Particularmente a questão 6 interrogava se este ambiente de aprendizagem possibilitava a integração de diferentes disciplinas e recebeu 73,68% das respostas na opção “*muitas vezes*”. Sendo assim, na avaliação dos usuários do hipertexto, esse ambiente se constitui em um instrumento que promove a construção do conhecimento via integração de conteúdos de diferentes disciplinas, estando em sintonia com o objetivo da presença da disciplina de Radioquímica, de caráter articulador, no currículo do curso de Licenciatura em Química.

Nas questões 7 e 9 investigamos em que medida a aplicação promoveu o envolvimento ativo do usuário na construção do conhecimento, em vista das estratégias de exploração e interatividade criadas no ambiente. 60,53% dos estudantes assinalaram que “*muitas vezes*” ao navegar pelo ambiente apresentaram-se desafios à reflexão, possibilitando ao usuário buscar, construir, avaliar e valorizar sua produção e deste modo instigando a procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa.

Em suma, pode-se perceber pelos dados da Figura 6 a ampla adequação tanto dos aspectos técnicos quanto dos pedagógicos na apresentação do hipertexto, como constatado em 73,68% das opções que receberam a indicação *sempre* e *muitas vezes*, demonstrando que, embora ainda com a necessidade de alguns ajustes técnicos pode-se considerar o hipertexto como um material didático plausível de utilização em sala de aula de um curso de graduação de Licenciatura em Química.



**Figura 6 – Opções de escolha nas questões**

A importância do processo de avaliação de softwares educativos deve ser observada pelas equipes que implantam projetos de informática na educação para promoverem atividades que efetivamente ampliem as capacidades cognitivas dos estudantes, portanto, a implementação destes ambientes e a sua avaliação pelos usuários são essenciais para que se consolide um instrumento que realmente proporcione uma aprendizagem significativa.

## CONCLUSÃO

O objeto de aprendizagem aqui apresentado, construído a partir dos pressupostos de integração conceitual entre áreas distintas e numa perspectiva histórica, permite ao estudante conduzir sua aprendizagem de forma flexível e interativa, proporcionando uma aprendizagem mais significativa, em contraposição à simples memorização de nomes, datas e características de cada modelo atômico, como tradicionalmente é propiciado pelo modelo didático usualmente utilizado para a apresentação deste assunto nas disciplinas de cursos de formação de professores em Química. O objeto de aprendizagem funciona de maneira interativa, disponibilizando recursos no âmbito das TIC para que o professor possa, também, trabalhar esse assunto adequadamente com seus alunos, em sala de aula, no ensino médio.

## AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Educação a Distância (SEAD/UFRGS), pela bolsa e auxílio concedidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de química**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- CACHAPUZ, António F.; PRAIA, João F.; JORGE, Manuela P. **Perspectivas de Ensino**, Coleção Formação de Professores-Ciências, Textos de apoio nº 1. Porto: CEEC, 2001.
- CHASSOT, Áttico I. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.
- EICHLER, Marcelo L.; DEL PINO, José C. Computadores em educação química: estrutura atômica e tabela periódica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 835, 2000.
- EICHLER, Marcelo L.; DEL PINO, José C. **Ambientes virtuais de aprendizagem**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.
- HAENDLER, Blanca L. Presenting the Bohr Atom. **Journal of Chemical Education**, v. 59, n. 5, p. 372, 1982.
- KIND, Vanessa (Formerly BARKER, Vanessa). Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. 2<sup>nd</sup> ed. Londres: disponível em <<http://www.chemsoc.org:80/networks/learnnet/miscon.htm>>. Acesso em: 14/05/2009. Ano de publicação: 2004.
- MORTIMER, Eduardo F. Para além das fronteiras da Química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de Química. **Química Nova**, v. 20, n.2, p. 200, 1997.
- NIAZ, Mansoor. Do general chemistry textbooks facilitate conceptual understanding? **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 335, 2005.
- NOVICK, S.; NUSSBAUM, J. Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. **Science Education**, v. 65, n. 2, p. 187, 1981.
- ROMANELLI, Lilavate I. O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 27, 1996.
- SEGRÈ, Emile. **Dos raios-X aos quarks**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1980.
- SILVA, Shirley M.; EICHLER, Marcelo L.; DEL PINO, José C. As percepções dos professores de Química Geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 585, 2003.

TABER, Keith S. Chemistry lessons for universities: a review of constructivist ideas. **University Chemistry Education**, v. 4, n. 2, p. 63, 2000.

TODESCO, Antonio B. J. B. A descoberta da radioatividade e a radioquímica: os primeiros cinco anos. In: **Simpósio de História e Filosofia em Ciência**, 2., 1990, Porto Alegre. **Anais do 2º Simpósio de História e Filosofia em Ciência**, Porto Alegre: SBQ/RS, 1990. p. 43-69.

ZABALZA, Miguel A. Competencias docentes del profesorado univertario – calidad y desarrollo profesional. Madrid: Narcea, 2003.