

Marcelo Eichler* e José Claudio Del Pino

Instituto de Química - UFRGS - 91501-970 - Porto Alegre - RS

Recebido em 12/7/99; aceito em 29/2/00

COMPUTERS AND CHEMICAL EDUCATION: ATOMIC STRUCTURE AND PERIODIC TABLE
In this paper we discuss an approach for two initial topics in Chemistry: atomic structure and periodic table. The focus of this approach is the use of educational software resources in the perspective of teacher's formation.

Keywords: chemical education; software education; teacher formation.

INTRODUÇÃO

Em 1999, o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo) do Ministério da Educação (MEC) concluiria a instalação de 100 mil computadores em 16 mil escolas públicas de ensino básico. Nessas escolas, seriam constituídos laboratórios de informática educativa. Neles, tal qual ocorre nos laboratórios de ciências, estarão à disposição de alunos e professores uma série de ferramentas e metodologias para o auxílio à aprendizagem. O programa pretende que essas sejam referenciadas por propostas pedagógicas construtivistas. Paralelamente à instalação dos laboratórios, o MEC previu e vem desenvolvendo ações que objetivam formar professores especialistas em Informática Educativa. Esses especialistas servirão de multiplicadores do projeto em suas escolas, cidades ou regiões. Assim, supõe-se que a união de recursos tecnológicos e humanos com a disponibilidade de ferramentas qualificadas para a aprendizagem poderá resultar em inovações nas estratégias e metodologias de ensino e/ou aprendizagem das diversas áreas de conhecimento¹.

No entanto, entende-se que a tecnologia não pode ser vista como redentora dos problemas educacionais. No início da década de 80, época do primeiro ciclo de informatização das escolas brasileiras, indicava-se que o uso do computador em atividades de ensino ou de aprendizagem não deveria ser visto como uma saída para a crise do sistema educacional brasileiro. Um estudo de caso sobre a informática educativa, anterior ao ProInfo, revelou que o computador, bastante caro para nossa realidade, estava sendo subutilizado no interior da escola, uma vez que a grande maioria dos professores desconhecia as formas de utilização dessa tecnologia no processo de ensino². Por outro lado, uma análise das políticas subjacentes à informatização educacional³, feita com referenciais sócio-críticos, concluiu que, freqüentemente, as necessidades e visões dos professores, dos alunos e da comunidade eram forçadas a se ajustar à tecnologia, ao invés de essa ser adequada àquelas. Na conclusão da análise, o autor lembrou que uma das tarefas dos educadores é assegurar que a entrada de novas tecnologias em sala de aula se dará por razões educacionais criteriosas e não por interesses de mercado.

No panorama tecnológico atual, existem diversas alternativas para a aprendizagem com o uso do computador⁴, tais como a comunicação e a consulta de informações distribuídas pela Internet ou o uso de softwares educacionais. Neste artigo, entretanto, serão tratadas, apenas, questões voltadas à formação de professores e ao uso de softwares educacionais.

De início, deve-se compreender que um software não funciona

automaticamente como desencadeador do processo de aprendizagem. Em outras palavras, o sucesso de um software em promover a aprendizagem depende de sua integração ao currículo e às atividades da sala de aula⁵. Se, por um lado, as avaliações de softwares educacionais para o ensino de ciências em nível básico têm revelado a baixa qualidade desses⁶, já que produzir softwares de qualidade é um desafio⁷, por outro lado, a maioria das avaliações não tem levado em conta a integração dos softwares educacionais nem com outras atividades escolares, nem com as práticas docentes. Alguns trabalhos têm proposto que a avaliação do software educacional seja feita em contextos definidos, em que se considere, além de aspectos puramente técnicos, se eles são pertinentes ao currículo, se são acessíveis a professores e alunos e, finalmente, se contemplam as questões de aprendizagem. Todas essas dimensões são importantes, sem que se possa enfatizar uma em relação a outra^{8,9}. Assim, entende-se que a escolha de um software educacional deve satisfazer as intenções do professor e as características dos estudantes; possibilitar vários estilos e tipos de aprendizagem; e aproveitar as qualidades educativas que oferece o computador - em particular, a interatividade e o controle do usuário sobre o que se aprende e como se aprende⁷.

Apesar de existirem outras dimensões na análise da vinculação de softwares educacionais ao currículo escolar¹⁰, este artigo centra o foco somente sobre questões de aprendizagem de conteúdos de química, em especial, estrutura atômica e classificação dos elementos químicos. Nesse sentido, pretende-se mostrar como é possível integrar a abordagem de conteúdos e o uso de computadores em atividades de formação inicial e continuada de professores do ensino básico.

As discussões que serão apresentadas a seguir têm sido realizadas em disciplinas de transposição de conteúdos nos cursos de Licenciatura em Química (diurno e noturno) oferecidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Também fazem parte da pauta de atividades do Curso de Especialização em Educação Química e de cursos de extensão e qualificação de professores em serviço que são oferecidos pela Área de Educação Química da UFRGS.

O ENSINO E A APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS DE ESTRUTURA ATÔMICA

Um dos conceitos centrais da química é o do átomo. Como é sabido, 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 que faria parte da estrutura de todos os materiais. De antanho até nossos dias, o conceito de átomo foi refinado por muitas teorias, que utilizaram diversos dados empíricos e modelos conceituais distintos. Apesar das teorias descreverem e explicarem a estrutura do

* Área de Educação Química; e-mail: aeq@iq.ufrgs.br

átomo de maneiras variadas, o conceito de átomo permanece fundamental à ciência química.

No entanto, com respeito a aprendizagem desse conceito, trabalhos dedicados à análise da abordagem da estrutura atômica no ensino de química da escola básica têm mostrado sua inadequação e apontado a necessidade de se elaborar novas abordagens para o seu ensino.

Algumas dessas análises têm sido vinculadas ao livro didático, pois esse é um recurso usado por professores e alunos no processo educacional, seja porque o professor pode utilizá-lo para selecionar, organizar ou desenvolver os conteúdos de seu curso e de suas aulas, seja porque o aluno pode tomar contato com os exercícios, os problemas ou as atividades abordadas na apresentação ou revisão dos conteúdos. Uma análise¹¹, realizada em livros didáticos de química amplamente utilizados nas décadas de 70 e 80 no ensino médio, indicou que a natureza da abordagem do conteúdo de estrutura atômica era essencialmente microscópica, pois envolvia conceitos abstratos, tais como átomo, núcleo, eletrosfera, elétrons, prótons, nêutrons, impossíveis de serem visualizados, definidos e exemplificados concretamente. Em se seguindo a proposta metodológica subjacente a esses livros didáticos, o ensino de conteúdos abstratos seria realizado de maneira expositiva e não através de experiências ou mesmo de demonstrações feitas pelo professor. Dessa forma, a função do conteúdo estrutura atômica, que seria explicar os fenômenos observados e prever a ocorrência de outros, não ficaria explicitada.

Resultados de outras pesquisas¹², dessa vez sobre as concepções alternativas apresentadas por alunos para conceitos relacionados ao modelo atômico, revelam que há a dificuldade dos estudantes em transitar entre as observações de fenômenos e as explicações atomísticas, ou seja, em fazer relações entre o modelo atômico e o comportamento da matéria nas diversas transformações. Na pesquisa, essa característica do pensamento dos alunos foi freqüente mesmo entre os que passaram pelo ensino de modelos atômicos. Assim, entende-se que a dificuldade dos alunos tem implicações nas relações de ensino de química, pois, normalmente, durante o ensino sobre estrutura atômica não se discute a interpretação de fenômenos cotidianos. Dessa forma, mesmo os melhores alunos não seriam capazes de estabelecer relações entre propriedades de sólidos, líquidos e gases e a organização, distância, força de interação e movimento das partículas por meio de um modelo atômico elementar. Outros trabalhos têm evidenciado 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 nucleado¹³. Resumindo, a solidez das concepções alternativas pode ser atribuída às características do ensino do conceito de átomo, que envolve noções abstratas, a concepção de modelos e o entendimento de certas palavras e símbolos especiais¹⁴.

Há escritos em que se defende que, no ensino sobre a 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, ela não é inerentemente melhor que a visão clássica. Existem contextos em que essa última também é apropriada como ferramenta explicativa¹⁵, como no exemplo de propriedades físico-químicas utilizadas para a classificação dos elementos químicos. Nesse sentido, não é estranho que o ensino de química tem sido criticado, entre outros fatores, pelo seu dogmatismo e a-historicismo¹⁶. Para modificar tais características se pode mostrar como os diferentes modelos são construídos e porque, eventualmente, alguns são abandonados e outros são modificados. Nesse caso, a evolução dos modelos atômicos e a proposição da existência do núcleo atômico pode ser um bom exemplo.

Nas discussões sobre a estrutura da matéria, que são desenvolvidas nos cursos de formação de professores que foram

citados na introdução, são apresentados alguns antecedentes históricos da proposição do modelo atômico nucleado, conforme descrito na literatura¹⁷⁻²⁰. Com esses antecedentes históricos, que são necessários a uma abordagem didático-pedagógica da evolução dos modelos atômicos, é possível situar o estudante no contexto conceitual em que emergiram tais modelos. Assim, pode-se mostrar que, no final do século XIX, sabia-se que os átomos eram normalmente neutros, mas havia dúvidas sobre a quantidade de elétrons no átomo e sobre a maneira que estavam arrançadas as partículas positivas e negativas em um átomo¹⁸. Essas dúvidas tentavam ser explicadas através de diversos modelos, cujo mais aceito era o de Joseph John Thomson, que foi considerado válido até a divulgação dos resultados das experiências realizadas por Ernest Rutherford, Johannes Hans Geiger e Ernest Marsden. Nessas experiências, existia a intenção de determinar as propriedades das partículas alfa e sua interação com a matéria¹⁹. Resumidamente, os resultados obtidos permitiram estabelecer que havia dependência do espalhamento das partículas alfa com: o ângulo de deflexão; a espessura do material espalhador; a energia ou velocidade das partículas; e, a carga nuclear¹⁸. O sentido dessas dependências e algumas relações matemáticas também foram indicadas: o espalhamento é proporcional ao tempo; o número de partículas alfa espalhadas é inversamente proporcional ao quadrado de sua energia cinética; e, o número de partículas espalhadas em um determinado ângulo é proporcional ao quadrado da carga nuclear¹⁹. Esses dados levaram Rutherford, em 1911, a estabelecer o primeiro modelo atômico nucleado²⁰, que posteriormente foi corroborado com outras pesquisas de Geiger e Marsden. Nesse modelo, todas as cargas positivas do átomo e essencialmente toda a sua massa estavam concentradas em uma pequena região denominada núcleo. Por considerações de simetria, supôs-se que o núcleo estivesse localizado no centro do átomo, mas sua localização exata não desempenhava nenhum papel no trabalho de Rutherford¹⁹.

Por fim, a partir de um estudo sobre o papel mediador do professor no processo de aprendizagem do conceito de átomo, defende-se 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 licenciatura¹⁴.

O software educativo e sua utilização

Na Introdução, foram citadas algumas relações que são subjacentes à escolha e ao uso de softwares educacionais. Nesta seção, encontram-se algumas características que se entende necessárias aos softwares educacionais, relacionando-as com um exemplo para o conteúdo de estrutura atômica.

Remonta à época do período inicial da informatização das escolas públicas, a idéia de que um software bem elaborado não será necessariamente bem trabalhado. Por exemplo, é importante que o professor relacione as lições com aquilo que o aluno já sabe e isso o software não garantiria⁵. Assim, antes de se utilizar o software que contém uma representação dos experimentos desenvolvidos por Rutherford e seus colaboradores, por exemplo, pode-se discutir a interação das partículas alfa com a matéria à luz do modelo de Thomson, conforme consta em ampla literatura¹⁷⁻²⁰.

Sobre as possibilidades de uso de softwares educacionais, entende-se que alguns deles²¹ podem ser considerados como ferramentas que auxiliam o aluno a raciocinar a respeito de certos fenômenos. Um dos tipos de software educacional que possibilitam essa abordagem é o que utiliza características de simulação⁵.

As simulações computacionais têm sido defendidas como ferramentas úteis para a aprendizagem de conceitos científicos²². As suas vantagens estão relacionadas com os modos de construção do conhecimento, pois as simulações oferecem um ambiente

interativo para o aluno manipular variáveis e observar resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições². Em muitos desses softwares, houve a representação de circunstâncias que são difíceis ou até impossíveis de serem repetidas ou criadas fora de um ambiente computacional⁵. Assim, como o nome sugere, em uma simulação se espera que o comportamento daquilo que está sendo simulado represente a operação do sistema real, incluindo as suas regras e as de seus processos, segundo as leis, teorias ou modelos, que o descrevem e o explicam. No entanto, em tais atividades, não há a prescrição de uma forma única de abordar o sistema simulado. Isso se dá à vontade do usuário, de sua interação com a simulação. Ou seja, nos aspectos educacionais, o que interessa é o quê o estudante pode aprender do sistema simulado, sem as limitações ou perigos que o sistema real possa ter.²³

Uma abordagem para o conteúdo estrutura atômica, que é utilizada nas atividades de formação de professores que vêm sendo desenvolvidas pela Área de Educação Química, é realizada com o uso do software *Rutherford*¹³. Esse software possui três simulações relacionadas às pesquisas de Rutherford, Geiger e Marsden. Uma permite ao usuário explorar o fenômeno de dispersão das partículas alfa. O desenho do software possibilita definir e controlar alguns parâmetros para a condução do experimento simulado, tais como, o ângulo do cintilador, o tempo de contagem, os emissores de partículas alfa e o metal que será utilizado como alvo. A Figura 1 representa a tela para a visualização dos dados do experimento simulado.

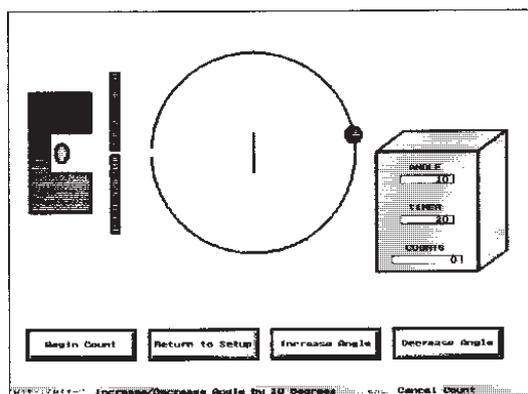


Figura 1. Tela em que se simula a experiência com o espalhamento de partículas alfa.

Com essa simulação podem ser desenvolvidas atividades visando estudar, por exemplo, a relação existente entre a contagem do cintilador e a energia das partículas alfa incidentes. Esse estudo pode ser dirigido, por exemplo, por questões como: “a relação é diretamente ou inversamente proporcional?”; e, “o que pode explicar essa relação?”. Nas atividades que desenvolvemos com os professores, temos notado a surpresa que eles demonstram ao constatarem uma relação inversamente proporcional, pois supunham relação contrária. Essa surpresa tem desencadeado um debate, visando explicar o fenômeno observado, que necessita a aplicação de idéias e de modelos sobre a estrutura da substância e de seus constituintes, os átomos. Alguns valores que podem ser obtidos com a simulação estão presentes na Tabela 1.

Outra relação que pode ser estudada é a existente entre a contagem no cintilador e as características do alvo metálico, mantendo todas as outras variáveis fixas. As perguntas que orientariam o estudo, seriam, por exemplo: “que propriedades dos elementos podem ser utilizadas para ordenar os metais que são utilizados como alvo?”; “entre essas propriedades, qual pode ser considerada fundamental?”; “qual a relação existente entre essa propriedade e a contagem observada?”; e, “como

pode ser explicada essa relação?”. Novamente, as atividades com os professores têm mostrado a utilidade de abordagens dessa natureza para a discussão sobre a construção e as implicações dos modelos atômicos. Por exemplo, a escolha da propriedade a ser utilizada na ordenação dos metais permite tirar partido da aplicação do conhecimento, pois, muitas vezes, atribui-se erroneamente a ordenação à densidade ou à massa atômica. O estabelecimento do erro na interpretação do fenômeno permite ir além e buscar por uma explicação mais condizente com o modelo atômico que está sendo empregado, ou seja, a ordenação se explica em relação aos raios atômicos dos elementos. Alguns resultados extraídos dessa simulação, que permitem as discussões, estão presentes na Tabela 2.

Tabela 1. Contagem dos impactos em função da energia das partículas alfa.

Alvo metálico	Emissores de partícula alfa	Contagem
Ouro	²²² Rn (5,49 MeV)	3759
	²²⁶ Ra (4,78 MeV)	4870
	¹⁵³ Ho (3,92 MeV)	7227
	¹⁹⁰ Pt (3,18 MeV)	10989
	¹⁵² Gd (2,15 MeV)	24204
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	33085

Tabela 2. Contagem dos impactos em função do alvo metálico.

Alvo metálico	Emissores de partícula alfa	Contagem
Alumínio	²²² Rn (5,49 MeV)	103
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	877
Chumbo	²²² Rn (5,49 MeV)	3987
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	35650
Cobre	²²² Rn (5,49 MeV)	508
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	4499
Prata	²²² Rn (5,49 MeV)	1329
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	11685
Vanádio	²²² Rn (5,49 MeV)	301
	¹⁴⁹ Sm (1,84 MeV)	2855

O software *Rutherford* permite avançar essas discussões com outras duas simulações. Há uma que permite analisar a trajetória da partícula alfa. Nela, um desenho representa um átomo nucleado e pode-se estipular a energia da partícula alfa e ajustar o parâmetro de impacto. Isso permite, por exemplo, a discussão sobre o ângulo de espalhamento em função do parâmetro de impacto ou da energia da partícula. A outra simulação serve para examinar a trajetória das partículas alfa ao incidirem sobre superfícies com diferentes quantidades de camadas atômicas. Com isso se torna possível o estudo da probabilidade de penetração das partículas alfa em relação a sua energia ou ao número de camadas atômicas da folha de metal.

O ENSINO E APRENDIZAGEM DA CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

As discussões sobre conteúdos químicos feitas com o auxílio de programas de computador podem prosseguir, por exemplo, com o estudo da regularidade envolvida nas propriedades físico-químicas e da classificação dos elementos químicos. Nesse caso, os sistemas informatizados de administração de dados podem ser de grande utilidade na hora de facilitar e permitir a consulta, a manipulação e a apresentação de dados essenciais para estudos de correlação²², tais como o estabelecimento da regularidade e da classificação associadas à Tabela Periódica.

A descoberta da lei periódica é considerada um marco sem precedentes no desenvolvimento da química, tendo a mesma importância da descoberta das partículas fundamentais e da teoria moderna da estrutura atômica²⁴. Não há dúvida que a Tabela Periódica se tornou um valioso instrumento didático no ensino da Química²⁵, porém o seu estudo remete ao do modelo atômico, já que o sucesso da Tabela Periódica subentende o conceito de átomo²⁶. Assim, pode-se tanto utilizar a lei periódica para desenvolver a aprendizagem dos modelos atômicos, como, vice-versa, utilizar os modelos atômicos, já trabalhados, para explicar a classificação dos elementos químicos que está em curso de aprendizagem.

A partir de uma ampla análise sobre seqüência dos conteúdos para o ensino de química, alguns autores recomendam que, ao selecionar e organizar os conteúdos químicos, deve-se inicialmente procurar identificar quais são os conceitos e proposições mais gerais que podem ser ensinados²⁷. Por exemplo, iniciar o ensino de química a partir dos conceitos de propriedades periódicas pode fundamentar organizações de conteúdo mais lógicas e coerentes do que aquela usualmente adotada nos livros didáticos¹¹.

Nesse sentido, a aprendizagem da classificação dos elementos pode ser feita à luz da evolução histórica dos conceitos químicos²⁸. Essa alternativa surgiu da crítica aos livros didáticos, pois constata-se que os capítulos dedicados ao tema apresentavam a Tabela Periódica de maneira repentina, abordando somente a representação atual e com tratamento puramente descritivo, de tal maneira que o estudante se veria obrigado a memorizá-la sem compreender a periodicidade. Um ensino com essas características faria com que o aluno perdesse a oportunidade de estudar o processo de síntese e sistematização que envolveu a união em torno do conceito de lei periódica. Também tornaria difícil para o aluno fazer a correlação entre o estabelecimento da lei periódica e a evolução dos modelos atômicos.

É possível considerar que para se atribuir periodicidade para algumas propriedades dos elementos químicos é necessário o estabelecimento de uma propriedade fundamental e explicativa. Nesse caso, uma abordagem histórica seria útil ao professor na busca de um vínculo entre o ensino de modelo atômico e da periodicidade das propriedades físico-químicas. Essa abordagem poderia ser apoiada por amplos textos publicados neste periódico^{25,26}. No entanto, esse vínculo também pode ser encontrado na utilização de um software educacional que contenha os dados presentes em tabelas periódicas.

O software e seu uso

Existem vários softwares educacionais sobre a Tabela Periódica²⁹, provavelmente com o mesmo número de versões que as edições impressas. No entanto, tanto essas como aqueles, em geral, não foram produzidos para atividades que possibilitem a busca de correlações entre as propriedades dos elementos químicos, ou seja, não são dirigidos a atividades de aprendizagem que busquem por classificações e sínteses das propriedades dos elementos químicos²⁸. Em parte, isso se dá porque a Tabela Periódica é apresentada em seu formato padronizado e amplamente divulgado, muitas vezes limitando as atividades de ensino a simples descrições do comportamento das propriedades dos elementos químicos em relação aos grupos ou períodos.

Por outro lado, existem softwares educacionais que são definidos como sistemas de informação, como por exemplo o *KC? Discover*³⁰, que é utilizado em atividades de ensino e aprendizagem das propriedades dos elementos químicos. Esse tipo de software reúne os dados que são necessários à construção de relações, de classificações ou de sínteses conceituais que se ponham ou estejam em curso no exercício da aprendizagem.

A vinculação entre o agrupamento das propriedades periódicas e a finalidade didática da Tabela Periódica foi enfatizada em um artigo³¹ que informou que se fez uma opção didática à

época da organização da mais recente versão da tabela impressa pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Por exemplo, o uso mais freqüente das dimensões atômicas, por parte de professores e estudantes, é verificar suas variações ao longo de períodos e grupos. No entanto, atualmente existe um grande volume de dados experimentais e a interpretação desses dados está relacionada ao uso de diferentes hipóteses associadas a diversos modelos adotados para a ligação química. Entende-se que a abordagem dessas diferenças pode dificultar a verificação da periodicidade relacionada às dimensões atômicas. Na tabela da SBQ, os valores para raios atômicos, iônicos, covalentes e de Van der Waals procederam de diversas fontes³¹, que foram selecionados em função das características mais freqüentes na interpretação dos dados experimentais. A mesma opção norteou a confecção do banco de dados utilizado pelo *KC? Discover*.

O software *KC? Discover* foi desenvolvido para o ensino de aspectos de química descritiva inorgânica e é uma base de dados interativa de informações químicas, que é usada para explorar possíveis respostas a perguntas feitas por professores ou alunos. A base de dados do programa contém informações sobre 49 diferentes propriedades para cada um dos 103 elementos. Esse software possibilita as seguintes atividades: (1) achar os elementos que se encontram em determinada faixa de valores de uma certa propriedade; (2) fazer gráficos de uma propriedade numérica em relação a outra; (3) modificar a escala de um gráfico construído, para se visualizar melhor a tendência dos gráficos para uma determinada faixa de valores; (4) listar o nome, símbolo, número atômico e outras propriedades de todos os elementos, para um grupo ou período selecionado, arranjando-os em ordem crescente de número atômico; (5) classificar elementos, em ordem crescente alfabética ou numérica, segundo uma certa propriedade.

Com o *KC? Discover* é possível listar as diversas propriedades na tela e/ou imprimir-las em tabelas. A Tabela 3, por exemplo, contém dados que foram extraídos desse programa. O uso dessas tabelas permite atividades de interpretação que podem, por exemplo, ser conduzidas por perguntas como: "qual a dependência da propriedade listada em relação ao número atômico?"; "há alguma variação que se manifeste de forma periódica?"; e, "como se podem explicar as relações e a periodicidade constatadas?".

Tabela 3. Valores fornecidos pelo software para algumas propriedades periódicas.

Elemento	Z	Raio atômico ^a	Energia de ionização ^b
Hidrogênio	1	37.1	1312.0
Hélio	2	31.0	2372.3
Lítio	3	152.0	520.2
Berílio	4	112.0	899.4
Boro	5	85.0	800.6
Carbono	6	77.2	1086.4
Nitrogênio	7	70.0	1402.3
Oxigênio	8	73.0	1313.9
Flúor	9	72.0	1681.0
Neônio	10	71.0	2080.6
Sódio	11	186.0	495.8
Magnésio	12	160.0	737.7
Alumínio	13	143.0	577.6
Silício	14	117.6	786.4
Fósforo	15	110.0	1011.7
Enxofre	16	103.0	999.6
Cloro	17	100.0	1251.1
Argônio	18	98.0	1520.5

^a Valores em pm (10^{-12} metros)

^b Valores em kJ/mol, referentes ao primeiro potencial

Os valores das propriedades podem ser reunidos, também, através de gráficos, que denotariam de maneira mais clara as relações de dependência e de periodicidade entre as propriedades. Por exemplo, podem ser construídos gráficos para o raio atômico e para a primeira energia de ionização, em função do número atômico, conforme pode ser visto nas Figuras 2 e 3, respectivamente. De forma similar, a interpretação dos gráficos pode ser acompanhada por perguntas como: “qual a tendência que os gráficos apresentam?”; “como é a relação entre as propriedades que foram graficadas?”; “o que se pode interpretar a partir dos pontos de máximo registrados nos gráficos?”; “o que pode explicar o periodismo que pode ser encontrado nos gráficos?”; “que teorias ou fatos podem explicar o comportamento que as propriedades apresentam quando são relacionadas em gráfico?”; “há propriedades que não possuem tendência periódica?”; e, “o que justifica que algumas propriedades sejam marcadamente mais periódicas que outras?”.

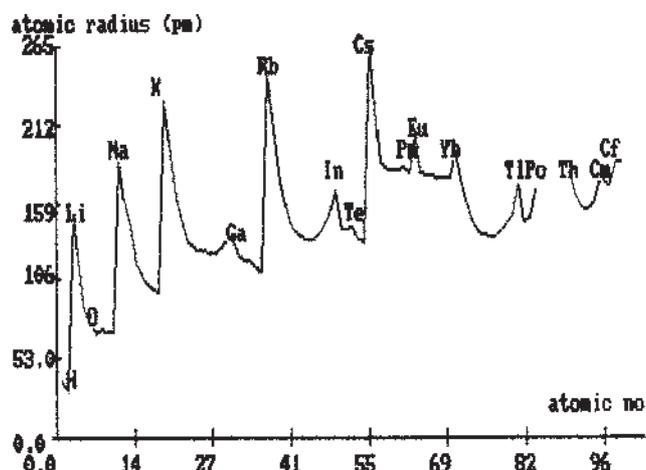


Figura 2. Gráfico que pode ser usado para a análise da variação do raio atômico em relação ao número atômico, extraído do software KC? Discover.

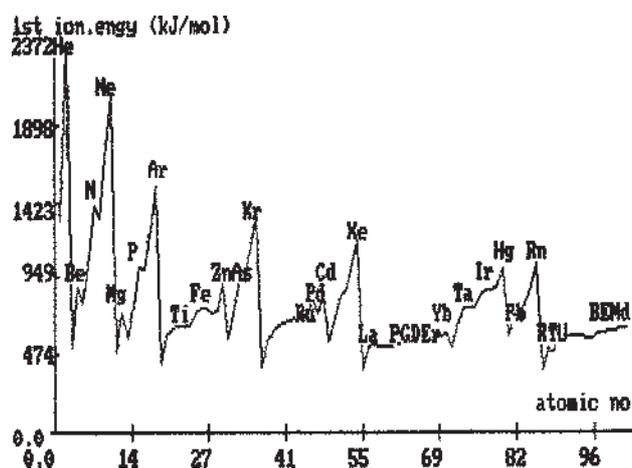


Figura 3. Gráfico que pode ser usado para a análise da variação da primeira energia de ionização em relação ao número atômico, extraído do software KC? Discover.

É interessante destacar que, ao se discutir as propriedades periódicas - normalmente escolhemos primeira energia de ionização e raio atômico - e suas relações explicativas, também, estamos nos inserindo no debate histórico que remonta aos primórdios da formulação da Tabela Periódica. Na época, Julius Lothar Meyer propôs uma classificação relacionada ao

volume molar atômico dos elementos. Ao comparar a propriedade volume atômico do elemento químico com seus pesos atômicos ele obteve uma curva, que apresenta a mesma tendência daquela indicada na Figura 2. Dessa forma, pressupõe que o periodismo das propriedades dos elementos seria função de seu peso atômico. Foram os trabalhos de Thomson e, principalmente, de Henry Moseley que permitiram refinar essa definição e estabelecer a idéia de que o periodismo das propriedades dos elementos está relacionado, fundamentalmente, com o número atômico. Finalmente, através do estudo comparativo da classificação das propriedades dos elementos com os modelos atômicos, poder-se-ia dizer que o periodismo está relacionado às forças coulombianas existentes no átomo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação do professor de química é um processo complexo. A interface em que ela ocorre - a formação do professor envolve: conteúdos específicos, princípios educacionais, metodologias de ensino, psicologias da aprendizagem, uso e escolha de meios didáticos, etc. - reveste a atividade do formador de professores de uma importância peculiar. Muitas vezes, o futuro professor passa, durante o seu curso de formação, por disciplinas específicas que contém nuances da crítica que é feita, em geral, ao ensino médio. Ou seja, o ensino universitário também pode ser considerado dogmático, a-histórico, descontextualizado, conteudista, etc.

Recentemente, com o desenvolvimento das novas tecnologias da informação, outras possibilidades e problemas se inseriram no rol dos debates da formação de professores. Projetos para a informatização das escolas têm tornado o computador uma realidade presente nas escolas. No entanto, como já foi dito anteriormente, a literatura mostra que uma das maiores debilidades existentes na informática educativa é precisamente a falta de preparação dos professores para aproveitar os computadores como recurso educacional⁷.

Neste artigo, relatamos algumas atividades de formação que vimos desenvolvendo com o uso de computadores³², relacionando-as com as características de ensino e aprendizagem de dois conteúdos específicos, quais sejam, estrutura do átomo e classificação das propriedades dos elementos químicos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Profa. Dra. Tânia Denise Miskinis Salgado, do Depto. de Físico-Química, IQ-UFRGS, pelas valiosas críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS:

- Essa é uma breve descrição do PROINFO. Informações mais detalhadas sobre o programa do MEC podem ser obtidas no sítio: <http://www.proinfo.gov.br>
- Oliveira, R.; *Informática educativa: dos planos e discursos à sala de aula*. Campinas, Papirus, 1997.
- Apple, M. W.; *Educação e Sociedade* **1986**, 8, 25.
- Um ampla descrição das possibilidades de uso dessas tecnologias no ensino, especialmente de química, pode ser encontrada em: Ferreira, V.F.; *Quim. Nova* **1998**, 21, 780.
- Carraher, D. W.; *Acesso* **1992**, 3, 21.
- Diversas avaliações para softwares educacionais de química, em língua inglesa, podem ser encontradas no URL: <http://www.liv.ac.uk/ctichem/swrev.html>
- Behar, P.B.; *Avaliação de softwares educacionais no processo ensino-aprendizagem computadorizado: estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Porto Alegre: UFRGS, 1993.
- McDougall, A.; Squires, D.; *Computers Educ.* **1995**, 25, 93.
- Squires, D.; Preece, J.; *Computers Educ.* **1996**, 27, 15.
- Ref. 3 é uma indicação da possibilidade dessa análise.

11. Schnetzler, R. P.; *A estrutura atômica no ensino de química de 2º grau*. (Mimeo).
12. Mortimer, E. F.; *Quim. Nova na Escola* **1995**, *1*, 23.
13. Rittenhouse, R. C.; *J. Chem. Edu.*: *Soft.* **1992**, *VB*, 20.
14. Romanelli, L. I.; *Quim. Nova na Escola* **1996**, *3*, 27.
15. Mortimer, E. F.; *Quim. Nova* **1997**, *20*, 200.
16. Chassot, A. I. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Ed. Unijuí, 1993.
17. Segré, E.; *Dos Raios X aos Quarks: físicos modernos e suas descobertas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.
18. Kaplan, I.; *Física Nuclear*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978, pp. 42-51.
19. Eisberg, R. M.; *Fundamentos da Física Moderna*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979, pp. 77-88.
20. Cruz, D.; Chamizo, J. A.; Garriz, A.; *Estrutura Atômica: um enfoque químico*. México: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
21. Vários trabalhos têm descrito e classificado os tipos de softwares educacionais. Em geral, eles podem ser classificados em exercício-e-prática, tutorial, jogo, simulação e resolução de problemas. Por exemplo, os trabalhos de Carraher, Oliveira e Galvis, citados neste artigo, dissertam sobre tal classificação.
22. Hodson, D.; *Enseñanza de las Ciencias* **1994**, *12*, 299.
23. Galvis, A. H.; *Revista de Tecnología Educativa* (Santiago – Chile) **1986**, *9*, 261.
24. Melo Fº, J. M. M.; Faria, R. B.; *Quim. Nova* **1990**, *13*, 53.
25. Tolentino, M.; Rocha-Filho, R. C.; Chagas, A.P.; *Quim. Nova* **1997**, *20*, 103.
26. Caruso, F.; Oguri, V.; *Quim. Nova* **1997**, *20*, 324.
27. Schnetzler, R. P.; *Quim. Nova* **1981**, *4*, 6.
28. Guzmán, A. L. M.; Rosale, R. G. C.; *Ed. Química* (Mexico) **1996**, *7*, 150.
29. Entre esses softwares podem ser citados, em língua portuguesa, o Hiper Tabela Periódica, de Geraldo Camargo de Carvalho, e um software português que pode ser encontrado no URL: <http://nautilus.fis.uc.pt/~softc/programas/soft11.htm>. Uma versão on-line da Tabela Periódica, em inglês, está disponível em: <http://www.webelements.com/>
30. O programa *KC? Discover: Video Program – Exploring the properties of the chemical elements by computer*, de Aw Feng, John W. Moore e outros colaboradores, é distribuído pelo *J. Chem. Edu.*: *Soft.* e pode ser encontrado em diversas versões. O *J. Chem. Educ.* publicou diversas resenhas sobre a descrição do programa e sua utilização, por exemplo: **1986**, *63*, 327; **1989**, *66*, 750. A base de dados desse programa também faz parte de *The Illustrated Periodic Table*, que é distribuída pelo mesmo periódico e teve resenhas publicadas em **1994**, *71*, 1063; **1999**, *76*, 447.
31. Chagas, A. P.; *Quim. Nova* **1995**, *18*, 398.
32. Outro tipo de atividade que vimos desenvolvendo pode ser encontrada em Eichler, M.; Del Pino, J. C.; *Quim. Nova na Escola* **1999**, *9*, 6.