

## CONFIGURAÇÕES ELETRÔNICAS: ANÁLISES E EVIDÊNCIAS

Jackson da Silva Santos\*, Daguia de Medeiros Silva

Instituto Federal de Ensino, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus de Mossoró, Costa e Silva, Currais Novos, RN 59.625-900 Brasil

### RESUMO

Neste artigo relata-se uma análise sobre diferentes formas de abordagens apresentadas em livros didáticos sobre configurações eletrônicas, enfocando possíveis implicações para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, face à possibilidade de geração de concepções alternativas, em detrimento de bases conceituais mais corretas. Identificaram-se possíveis entraves resultantes de simplificações, especialmente sobre energias dos elétrons em diferentes configurações eletrônicas por subníveis. Foram analisados livros de química geral e de química inorgânica usados nos níveis de ensino médio e superior, verificando-se que alguns conceitos apresentados em livros do ensino médio são ratificados em livros do ensino superior, enquanto outros conceitos não o são.

**Palavras-chave:** análise; livros didáticos; configurações.

\* E-mail: Jackson.santos@ifrn.edu.br

## OPTIMIZATION PROCEDURE FOR OBTAINING PROTEIN CONCENTRATE OF

### ABSTRACT

In this article we report an analysis of different types of approaches presented in textbooks on electronic configurations, focusing on possible implications for the cognitive development of students, given the possibility of generation of alternative conceptions, rather than more accurate conceptual basis. We identified potential barriers resulting from simplifications, especially on the electron energies in different electronic configurations of sublevels. We analyzed books general chemistry and inorganic chemistry used in the levels of secondary and higher education, making sure that some of the concepts presented in books school books are ratified in higher education, while other concepts are not.

**Keywords:** analysis; textbooks; configurations.

### INTRODUÇÃO

Vários aspectos têm feito o livro didático ser tema frequente de pesquisas sobre educação na área de ensino de ciências, abordando a qualidade das coleções didáticas, alertando sobre suas deficiências e seus pontos fortes, e apontando soluções para melhoria na apresentação de conteúdos de naturezas diversas, como pode ser visto nas referências seguintes: distorções conceituais em torno das figuras que dificultam a aprendizagem científica e concorrem na formação de concepções errôneas da química, memorizados e repetidos pelos alunos.<sup>1</sup> Eles foram apontados como os materiais educativos mais investigados, em aspectos como: critérios adotados pelos professores quando da escolha dos livros didáticos,<sup>2</sup> apresentação do livro didático de química, segundo as percepções de seu usuário, o estudante.<sup>3</sup> Desta forma, o objetivo do presente trabalho é identificar e analisar, mediante a observação de respostas a um questionário respondido por professores, diferenças conceituais, enfocando o tema configuração eletrônica. Estas configurações têm implicações quando se trata de átomos polieletrônicos, em que as interações entre os elétrons impossibilitam a separação de variáveis, constituindo-se em úteis aproximações, as quais foram obtidas pelo método das aproximações sucessivas introduzido por Douglas Hartree e aperfeiçoado por Vladimir Fock e John Slater, em torno de 1930.<sup>4,5</sup> Na teoria de Hartree-Fock,

o elétron não sente a repulsão dos outros elétrons de forma individualizada, mas sim como uma nuvem de elétrons blindando parte da carga nuclear.

Diversos autores têm cometido erros com relação ao conteúdo de números quânticos.<sup>6,7</sup> É necessário esclarecer que  $s$  (momento angular do elétron) é análogo a  $\ell$  (momento angular do orbital). Já os valores de  $m_s$  referem-se às orientações do vetor momento angular de spin, podendo assumir unicamente valores  $+\frac{1}{2}$  e  $-\frac{1}{2}$ , enquanto  $m_\ell$  (número quântico magnético) refere-se às orientações do vetor do momento angular do orbital ( $\ell$ ), podendo assumir valores de  $+\ell$  a  $-\ell$ ; portanto,  $m_s$  é análogo a  $m_\ell$  (número quântico magnético).

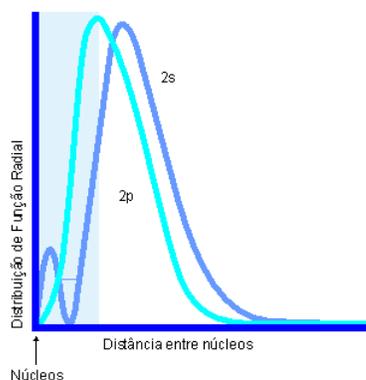


Figura 1. Penetração de um elétron 2s na camada interna em relação a de um elétron 2p. Fonte: DUWARD, 2008.<sup>8</sup>

A carga nuclear efetiva pode ser estimada a partir da equação  $Z_{ef} = Z - S$ , onde  $Z$  é o número atômico e  $S$  é o fator de blindagem. Em qualquer nível de ensino, a dificuldade de compreender esse fato aparece no modelo atômico que normalmente os alunos tendem a assimilar como sendo o “modelo de cebola” (várias camadas). Nesse modelo, os elétrons que se encontram em orbitais de número quântico maior estariam na região do espaço mais externo. Desta forma, os elétrons mais internos contribuiriam com um fator de 100 % para a blindagem, e ainda haveria a repulsão dos elétrons mais externos aproximando aqueles mais internos para o núcleo. Em se tratando do ferro, por exemplo, cuja configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$ , para um elétron 3d a carga nuclear efetiva seria  $Z_{ef} = 26 - 20 = 6$  em que  $Z = 26$  e  $S = 20$ . No átomo quântico, os elétrons dos orbitais de maior número quântico principal apresentam maior probabilidade de serem encontrados na região mais externa. Mas há uma probabilidade, ainda que pequena, desses elétrons serem encontrados em regiões mais

internas (interpenetração), como pode ser observado na Figura 1, do que os elétrons de número quântico menor. Portanto, temos, para o mesmo elétron 3d do ferro,  $Z_{ef} = 26 - 19,4 = 6,6$ , em que  $Z = 26$  e  $S = (4 \times 0,35) + (18 \times 1,0) = 19,4$ , baseado na regra de Slater.

Podemos observar, através da Figura 1, que existe uma probabilidade maior que zero do elétron 2s penetrar o nível 2p e experimentar a carga nuclear total. Um elétron 2p não penetra no nível interno tão efetivamente porque ele possui um plano nodal no núcleo; deste modo, está mais blindado a partir do núcleo pelos elétrons mais internos. Desta forma, o poder de penetração dos orbitais segue a ordem  $s > p > d > f > g > h$ , e assim por diante, como podemos observar na Figura 2.

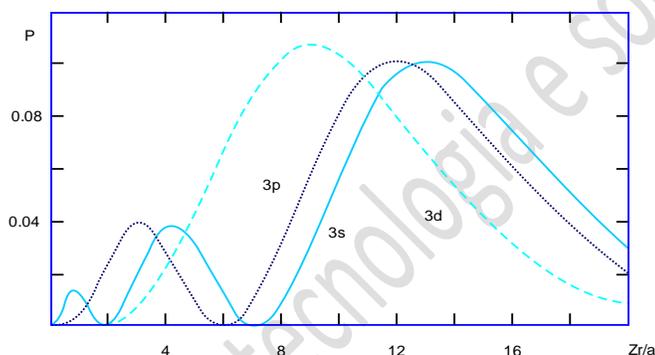


Figura 2. Distribuição da densidade eletrônica nos orbitais 3s, 3p e 3d para sistemas monoelétrônicos. Fonte: NASCIMENTO, 1981.<sup>9</sup>

A sequência de distribuição comparando a ordem de energia crescente, apresentada na Figura 3, apresenta algumas distorções, sendo seguido adequadamente para átomos com até 20 elétrons, uma vez que não há elétrons do subnível d ainda distribuídos.

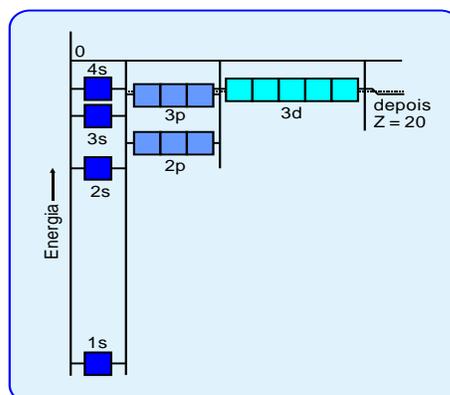


Figura 3. Diagrama de energia de um átomo polieletrônico. Fonte: JONES & ATKINS.<sup>10</sup>

Verificamos ainda que depois de  $Z = 20$ , o 4s é mais energético.

## METODOLOGIA

Para identificação e análise das respostas dadas pelos professores ao questionário, foi realizada uma pesquisa em livros do ensino médio, em que foram utilizados alguns exemplares de livros didáticos selecionados pelo Programa Nacional do Livro Didático, e em livros do ensino superior, escolhidos de acordo com a disponibilidade de exemplares nas bibliotecas de instituições públicas do estado do Rio Grande do Norte, tais como a UFRN e o IFRN (Tabela 1). A investigação seguiu a metodologia da análise de conteúdo e consistiu na leitura dos capítulos referentes à estrutura atômica, buscando observar como a distribuição dos elétrons num determinado átomo é apresentada.

A metodologia da pesquisa foi dividida em duas etapas. A primeira consistiu na elaboração de um instrumento de investigação, na forma de um questionário, para analisar como os professores intermediavam conhecimentos sobre configurações eletrônicas presentes em livros didáticos, com os seus alunos. A segunda etapa foi a aplicação desse instrumento, distribuída de forma aleatória entre professores de escolas públicas (federais, estaduais e municipais) e privadas da rede de ensino de Natal.

Tabela 1. Livros analisados.

| LIVROS ANALISADOS |   |
|-------------------|---|
| A                 | MASTERTON, WILLIAM L., Princípios de Química. Rio de Janeiro: LTC, 2009.                |
| B                 | MAHAN, BRUCE M., Química: Um curso universitário. São Paulo: Blucher, 1995.             |
| C                 | ROZEMBERG, IZRAEL MORDKA., Química Geral. São Paulo: Blucher, 2002.                     |
| D                 | BROWN, THEODORE L., Química a ciência Central. São Paulo: Pearson, 2005.                |
| E                 | LEE, J. L., Química Inorgânica não tão concisa. São Paulo: Blucher, 1999.               |
| F                 | ATKINS, PETER. Jones, Loretta., Princípios de química. Porto Alegre: Bookman, 2006.     |
| G                 | SHRIVER, DUWARD. Atkins, Peter., Química Inorgânica. Porto Alegre: Bookman, 2008.       |
| H                 | KOTZ, JOHN C., Química geral e reações químicas. São Paulo: Cengage Learning, 2009.     |
| I                 | RUSSEL, JOHN BLAIR., Química Geral. São Paulo: Makron Books, 1994.                      |
| J                 | MORTIMER, EDUARDO FLEURY; MACHADO, HORTA ANDRÉA Química. São Paulo: Scipione, 2010.     |
| L                 | WILDSON, LUIZ; MÓL, GÉRSO DE SOUZA: Química e Sociedade. São Paulo: Nova Geração, 2005. |
| M                 | FELTRE, RICARDO. Química. 2004. São Paulo: Moderna, 2004.                               |

O questionário elaborado requeria respostas objetivas, e priorizava aspectos relativos às energias eletrônicas nos subníveis, conteúdo que geralmente é apresentado nos livros de ensino médio para o primeiro ano e em muitas instituições é repetido no terceiro ano do ensino médio, buscando fazer com que alunos consolidem conhecimentos já ministrados no início do ciclo médio. Esse instrumento foi constituído por três questões (apresentadas na Seção Resultados e Discussões), com as quais se pretendeu avaliar os conhecimentos adquiridos pelos professores em suas vivências como estudantes e na prática docente no ensino médio. A aplicação do questionário ocorreu entre 14 de março e 16 de abril de 2011, tendo sido respondido por trinta professores, doze dos quais foram abordados pouco antes de se submeterem a um processo de seleção para professor substituto, todos na faixa etária de 20 a 50 anos, e com até 26 anos de experiência docente como professor de química no ensino básico.

Antes da aplicação do questionário, foi explicada a importância da pesquisa em desenvolvimento, pedindo-se que fosse respondido com clareza, mas sem a preocupação com acertos e erros; que tratassem com naturalidade, pois o questionário não seria identificado. As questões foram respondidas em cerca de 10 minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentadas, a seguir, as questões constituintes do instrumento de avaliação, bem como comentários sobre o desempenho geral do grupo, enfocando acertos e incorreções sob o ponto de vista quantitativo.

“1ª Questão. Escreva a configuração eletrônica do Cálcio ( $Z = 20$ ) e do Ferro ( $Z = 26$ )”.

Tabela 2. Números de respostas dadas pelos professores na 1ª questão.

| Respostas  | Ca | Fe |
|------------|----|----|
| Corretas   | 27 | 26 |
| Incorretas | 3  | 4  |

Diante dos resultados obtidos, observamos que 10,00 % do total de professores apresentaram a distribuição eletrônica do cálcio de forma incorreta, enquanto 13,33 % não acertaram a configuração eletrônica do ferro.

“2ª Questão. Com base na questão anterior, qual subnível preenchido é o de maior energia em cada um dos átomos?”

Tabela 3. Números de respostas dadas pelos professores na 2ª questão.

| Respostas  | Ca | Fe |
|------------|----|----|
| Corretas   | 22 | 6  |
| Incorretas | 8  | 24 |

Podemos observar a partir dos dados da Tabela 3 que 73,33 % dos professores acertaram a resposta no que se refere ao átomo de cálcio; no entanto, apenas 20,00 % responderam corretamente no que se refere ao átomo de ferro. De modo semelhante ao que ocorre para o cálcio, a energia do subnível 3d é maior do que a do 4s.

“3ª questão: Para responder as questões 1 e 2 você certamente já estudou esse conteúdo em algum nível de ensino. Que livro didático você tomou como referência para responder as questões anteriores? Explique sua resposta”.

Em resposta a esta questão, os professores entrevistados responderam citando 32 referências, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados das respostas dos professores na 1ª questão.

| Motivo de escolha | Livros (ver Tabela 1) |   |   |   |   |        |                 |
|-------------------|-----------------------|---|---|---|---|--------|-----------------|
|                   | B                     | E | F | L | M | Outros | Nenhuma citação |
| Mais completo     | -                     | - | - | - | 3 | -      | -               |
| Fácil compreensão | -                     | 2 | - | 1 | 1 | -      | -               |
| Não justificado   | 3                     | - | 5 | - | 7 | 10     | 5               |

Podemos observar que houve uma grande dispersão nas respostas da escolha dos livros, sendo o livro M (integrante da listagem do Programa Nacional do Livro Didático) o mais referenciado com 11 citações; mas apenas 4 professores apresentaram razões para a escolha deste livro. Seguindo o número de citações, temos os livros F e B referenciados, respectivamente, por 5 e 3 entrevistados, os quais não explicaram suas escolhas. Os demais autores receberam no máximo 2 citações, sendo que 5 deles não receberam nenhuma citação.

Os problemas ocorridos acerca da abordagem da configuração dos átomos advêm de processos simplificados em que se procurou generalizar situações para todos os átomos, independente do número atômico. Isso ocorre em detrimento da complexidade do conteúdo,

pois se trata de um sistema com um nível elevado de abstração e uso de equações complexas, não sendo essa uma justificativa para que se mencione que depois do subnível 3p deve-se colocar o subnível 3d, situação que não é colocada por nenhum dos livros citados, cuja análise mostrou que após o subnível 3p deve aparecer o 4s, tanto para o cálcio como para o ferro, justificando-se tal fato pela maior penetrabilidade do subnível 4s em relação ao 3d, mostrado nos livros F e G (Tabela 1), em que o átomo de cálcio e o de ferro tem como subnível mais energético o 4s, e que no ferro não é o 3d como haveria de ser esperado, por ser o último a ser representado. Tudo se originou com o átomo de Bohr caracterizado para o hidrogênio, que marcou a mecânica clássica e que não conseguiu explicar as propriedades dos elétrons em átomos polieletrônicos, e tampouco proporcionar uma explicação satisfatória para as ligações químicas. Ao tomar o diagrama de Madelung, foi verificado que se trata de uma ordem de preenchimento e não necessariamente de uma ordem de energia crescente para qualquer átomo, pois mostraram que não sabem o motivo por usar determinados livros e nem todos os livros em que citaram mencionam aquilo que responderam, este sendo um caso destacado na Tabela 4, em que o livro F não menciona que depois de 3p deve ser colocado o 3d, conforme observado na Figura 3. Um grande entrave para alunos de ensino médio e também para professores é não compreender que depois de 4s deve ser citado o 3d, consequência do fator de blindagem que deve ser levado em consideração. Nesse caso ficou explícito a não investigação sobre a ordem em que os subníveis aparecem na configuração eletrônica, quando a maioria não respondeu sobre o livro que embasava o subnível 3d ser precedido pelo subnível 4s.

Embora a abordagem mais rebuscada não possa ser muitas vezes colocada numa sala de aula, em especial no ensino médio, alguns avisos podem ser relevantes como, por exemplo, o diagrama de Madelung, caracterizando ordem crescente de energia, só tem seu uso bastante viável para átomos com até 20 elétrons, cuja situação é bastante evidenciada na 1ª questão, em que se buscava a percepção fundamental da configuração eletrônica em seus subníveis de energia, sendo notório que a interpenetração de orbitais ainda é fatídico para determinarmos qual subnível é mais energético. Equações de onda são complexas para serem mostradas numa turma de ensino médio, mas poderia ser informado sobre a necessidade de sua utilização. Os livros didáticos de química continuarão sendo um instrumento muito importante, porém é

necessário, além de sua utilização, de uma maior reflexão sobre o conteúdo configuração eletrônica, para se evitar erros em sua abordagem em aula.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Leite, V. M.; Revista Virtual, 2006, 2, 72–79.
- [2] Loguercio, R. Q.; Química Nova, 2001, 24, 557-562.
- [3] Botar, E. M.; Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 1995.
- [4] Berry, R. S.; Journal of Chemical Education, 1966, 43, 283-99.
- [5] Slater, J. C.; Phys. Rev., 1951, 385-390.
- [6] Brady, J.E.; Humiston, G. E.; Química Geral 3ª ed. – livros técnicos e científicos: Rio de Janeiro, 1994, p. 91.
- [7] Mortmer, C. E.; Chemistry, A conceptual Approach, 2nd. – Van Nostrand Reinhold Company: New York, 1971, p. 38.
- [8] Duward, F. S.; Química Inorgânica, 4ª ed. – Bookman: Porto Alegre, 2008, p. 42.
- [9] Nascimento, A. Fundamentos de Química Inorgânica. 1ª ed. – J. Pessoa, PB. 1981, p. 92.
- [10] Jones, L.; Atkins, P.; Química Inorgânica, 2ª ed. – Bookman: Porto Alegre, 1999, p. 288.
- [10] Bardin, L.; Análise de conteúdo. Lisboa: 1977, 226p.