

O Conhecimento Escolar: Um Estudo do Tema Diagrama de Linus Pauling em Livros Didáticos de Química – 1960/1970

André A. G. Bianco e Reginaldo A. Meloni

Nesse trabalho serão apresentados os resultados iniciais da pesquisa que têm como objetivo verificar a relação entre o conhecimento produzido pelos cientistas e os saberes que são planejados para a educação escolar. Usando como referência as teorias de Ivor Goodson e de Yves Chevallard, procurou-se responder à seguinte questão: qual a relação entre os conhecimentos científico e escolar no tema distribuição eletrônica/ Diagrama de Linus Pauling? O trabalho está sendo desenvolvido em uma perspectiva histórica por meio da investigação do tema entre 1939 e 1948 e pelo estudo dos livros didáticos de Química publicados na década de 1960. Os resultados indicam que não há sintonia entre o conhecimento produzido fora da escola e o conhecimento escolar, e também que há versões do tema que se distanciaram dos propósitos originais. Com isso, podemos concluir que o processo de transposição didática não foi adequadamente considerado pelos autores dos manuais analisados.

► diagrama de Linus Pauling, conhecimento escolar, livros didáticos ◀

Recebido em 30/08/2018, aceito em 18/01/2019

Entre os temas de maior dificuldade no ensino de Química no nível médio está o que aborda as características energéticas dos átomos e o comportamento dos elétrons em relação às variações de energia. Isso ocorre pelo fato de que se trata de um assunto distante do cotidiano, que exige alto nível de abstração e uso de conceitos matemáticos complexos e que, portanto, suscita o questionamento sobre qual a sua finalidade no ensino médio.

Em um trabalho no qual são analisados os livros didáticos de Química a partir da noção de “obstáculos epistemológicos” de Bachelard (1996), Lopes (1992) destaca que a incorporação do conteúdo relativo à Mecânica Quântica no ensino de Química nos anos 1960 não modificou o “estatuto epistemológico dos conceitos” (p. 259) abordados.

Segundo a autora, nessa época ainda prevalecia a

Um recurso usado para distanciar a interpretação do fenômeno dos formalismos matemáticos é o diagrama de distribuição eletrônica. Ele foi incluído por Linus Pauling em seu livro *The Nature of the Chemical Bond* (Pauling, 1939) como uma estratégia didática, e debatido em uma sequência de trabalhos publicados no *Journal of Chemical Education* no decorrer do século XX.

estratégia pedagógica dos realistas de “apresentar conceitos racionais como formas a serem descritas” (Lopes, 1992, p. 258). Para os realistas o objeto contém a verdade e o conhecimento é a revelação dessa verdade. Portanto, o realista não admite a possibilidade da construção do conhecimento, mas apenas da revelação a partir do concreto. No caso de substâncias inacessíveis

aos sentidos, o realista constrói imagens do que julga real, mas “o real construído é distorcido em nome do real factual” (Lopes, 1992, p. 258).

Assim, o ensino de conceitos abstratos como os envolvidos na Mecânica Quântica seria distorcido em seus verdadeiros significados visto que, para sua compreensão, seriam elaboradas imagens ou metáforas que os aproximassem de modelos concretos, mas que os distanciariam dos formalismos matemáticos próprios para a compreensão da Natureza.

Um recurso usado para distanciar a interpretação do fenômeno dos formalismos matemáticos é o diagrama de distribuição eletrônica. Ele foi incluído por Linus Pauling em

A seção “Conceitos Científicos em Destaque” tem por objetivo abordar, de maneira crítica e/ou inovadora, conceitos científicos de interesse dos professores de Química.

seu livro *The Nature of the Chemical Bond* (Pauling, 1939) como uma estratégia didática, e debatido em uma sequência de trabalhos publicados no *Journal of Chemical Education* no decorrer do século XX.

O esquema de distribuição de elétrons nos níveis de energia, conhecido no Brasil como *Diagrama de Linus Pauling*, foi incluído em programas da educação secundária e passou a ser usado de forma operatória sem qualquer problematização sobre a relação entre o esquema proposto e o fenômeno descrito.

Autores como Ivor Goodson (1990; 1997) e Yves Chevallard (1997) desenvolveram teorias para explicar o processo de elaboração dos currículos pré-ativos como, por exemplo, os programas ou os manuais de ensino. Goodson (1997) parte da ideia de que “o currículo escolar é um artefato social concebido para realizar determinados objetivos específicos” (p. 17). Nesse sentido, o currículo não seria definido diretamente pela ciência de referência, mas estaria relacionado às ações dos “grupos disciplinares” (Goodson, 1997, p. 22) que seriam os responsáveis pelas permanências ou mudanças nas propostas pedagógicas em um processo histórico. Segundo esse autor, a investigação histórica

[...] pode fornecer evidência de uma disparidade considerável entre as mensagens políticas e filosóficas que buscam explicar e legitimar a “tradição acadêmica” das matérias escolares e o detalhado processo histórico através do qual as matérias escolares são definidas e estabelecidas (Goodson, 1990, p. 234).

Essas mudanças poderiam ser rastreadas nos manuais de ensino, pois esses são uma expressão tanto do conhecimento elaborado pela academia, quanto dos saberes praticados nas escolas.

O processo da construção curricular também foi teorizado por Chevallard (1997). Procurando entender o que foi chamado de “sistema didático” em certo contexto, esse autor propõe a existência de uma relação ternária entre docentes, alunos e saberes,

e problematiza a noção de “saber”, integrando-o como um dos pilares do processo de ensino e aprendizagem, que antes se limitava às habilidades dos docentes para o ensino e às capacidades de aprendizagem dos discentes.

Ao pensar o saber como uma categoria de análise, Chevallard (1997) propõe algumas questões, tais como: o que é o saber de que trata o sistema didático? Que relação existe entre os saberes que se estabelecem fora do âmbito escolar com os conhecimentos trabalhados no âmbito da escola? Procurando responder a essas questões, Chevallard postulou a existência de um saber sábio e de um saber a ser ensinado, mediado por um processo que ele denominou de transposição didática.

Segundo esse autor, a transposição didática extrapola a didatização do conhecimento, pois o transforma não apenas na sua forma de apresentação, mas em sua essência. De acordo com Chevallard (1997), “para que o ensino de um determinado elemento de saber seja possível, esse elemento deverá ter sofrido certas deformações, que o tornarão apto a ser ensinado”. Essa transposição envolveria processos de descontemporização, descontextualização e despersonalização que distanciariam o saber sábio da sua produção original em relação ao tempo e ao contexto de produção, e também em relação à autoria. Esses processos promoveriam uma naturalização dos saberes a serem ensinados (Marandino, 2004, p. 97).

O processo de transposição didática proposto por Chevallard ocorre em três dimensões distintas: a sociedade, instância em que se tomam as decisões políticas e que é composta, entre outros agentes, pelos pais e pelos acadêmicos; o sistema de ensino *stricto sensu*, composto pelos professores e alunos; e a noosfera, na qual se daria o processo propriamente dito da transposição didática entre o saber sábio e o saber a ser ensinado.

Nessa última dimensão ocorreria o processo de mediação entre os interesses da sociedade e o sistema de ensino *stricto sensu*, ou entre as finalidades que a sociedade planeja para a educação e os processos de aprendizagem que se estabelecem na escola e na sala de aula. Na noosfera estariam em debate os professores militantes e todos aqueles que definiriam o que se deve modificar ou manter em relação aos saberes a serem ensinados. É nessa instância que se produziriam, por exemplo, os livros didáticos.

As possibilidades indicadas por Goodson e Chevallard

sugerem que o currículo é construído em um processo histórico na relação entre o que é elaborado fora da escola, nesse caso pelos cientistas, e o que é realizado nas instituições escolares nas práticas pedagógicas cotidianas. O que será apresentado neste trabalho é uma análise das transformações na transposição didática da proposta de diagrama de distribuição de elétrons em um período de 10

anos (1960 a 1970).

O objetivo deste trabalho é analisar se a escolha e o desenvolvimento dos temas sobre a energia dos átomos e o esquema de distribuição dos elétrons nos níveis energéticos mantiveram relação com o conhecimento científico de referência ou se houve um processo de transformação no caráter do conhecimento a ser ensinado no decorrer dos anos sessenta do século XX.

Considerações sobre a Metodologia

Neste artigo foi analisado o processo de elaboração do instrumento “Diagrama de Linus Pauling” e sua inserção nos

manuais de ensino de Química para o nível secundário em livros didáticos elaborados nos anos 1960. Para isso, foram analisadas as propostas de esquema de distribuição de elétrons entre 1939 e 1948 e a ocorrência do tema em oito livros didáticos publicados na década de 1960. O ano de 1939 se justifica em função do trabalho de Linus Pauling (Pauling, 1939) que as pesquisas indicam ser o primeiro a propor um esquema de distribuição de elétrons motivando a elaboração de outras versões publicadas, principalmente, no *Journal of Chemical Education* que estão descritas e ilustradas na primeira parte dos resultados desse trabalho. A investigação do conhecimento escolar (ou saber a ser ensinado) foi realizada por meio da análise dos oito livros didáticos indicados no Quadro 1.

Quadro 1: Livros didáticos de Química analisados. Fonte: elaborado pelos autores

CHEMICAL EDUCATION MATERIAL STUDY. <i>Química: uma ciência experimental</i> . São Paulo: EDART, 1973, v. 2.
CHEMICAL BOND APPROACH COMMITTEE (CBA). <i>Química</i> . Parte II. Brasília: Editora UnB, 1964.
CARVALHO, G. C. e SAFFIOTI, W. <i>Química para o terceiro ano colegial</i> . 13ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1961.
AMARAL, L. F. P. <i>Química geral e inorgânica</i> . São Paulo: Editora do Brasil, 1967, v. 1.
BONATO, I. F. <i>Química: curso colegial</i> . 10ª ed. São Paulo: FTD, 1968, v. 1.
SAFFIOTI, W. <i>Fundamentos de química: química geral, inorgânica e físico-química</i> . São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968, v. 1.
PIMENTA, A. e LENZA, D. P. <i>Elementos de química</i> . São Paulo: Editora do Brasil, 1968, v. 2.
FELTRE, R. e YOSHINAGA, S. <i>Atomística</i> . São Paulo: Editora Moderna, 1970.

A escolha do período de análise dos livros se justifica porque esse tema começou a ser abordado em livros didáticos, no Brasil, no início da década de 1960 e se consolidou com a obra *Atomística* de Ricardo Feltre e Setsuo Yoshinaga, de 1970. Sendo assim, trata-se de um período representativo para se verificar como os trabalhos científicos publicados até a década de 1960 influenciaram a apresentação do diagrama de distribuição eletrônica em manuais de Química. A análise do material foi realizada após a definição das categorias do sistema de codificação e identificação das unidades de registro contidas no Quadro 2.

A fim de identificar o distanciamento do saber sábio (propostas de diagramas elaboradas entre 1939 e 1948) do saber ensinado (propostas de diagramas presentes nos livros didáticos), foram confrontadas as categorias do Quadro 2 com os processos sugeridos por Marandino (2004) decorrentes da teoria da transposição didática de Chevallard (1997). Assim, a análise dos diagramas nos livros consistiu na comparação das categorias do Quadro 2 com os elementos indicados no Quadro 3.

Quadro 2: Categorias de codificação e identificação das unidades de registro. Fonte: elaborado pelos autores

Categorias	Identificação
Denominação da representação	As representações podem ser denominadas de “Esquema de distribuição de energia”, “Diagrama de distribuição eletrônica”, “Diagrama de Linus Pauling”, etc.
Disposição vertical das camadas	As camadas seguem a disposição vertical da base para o topo obedecendo a ordem de energia (camadas inferiores possuem níveis de energia menores) ou o inverso (camadas inferiores possuem níveis de energia maiores). As camadas apresentam espaçamento proporcional ao conteúdo energético para o salto quântico do elétron.
Disposição horizontal dos subníveis	Os subníveis estão de acordo com um padrão horizontal de modo a agrupá-los.
Apresentação dos orbitais	Os orbitais estão representados por círculos, na quantidade adequada a cada subnível, evidenciando o limite de elétrons correspondente.

Quadro 3: Processos decorrentes da transposição didática. Fonte: elaborado pelos autores

Processos	Descrição
Descontemporização	O saber ensinado é afastado de sua origem e de sua produção histórica no saber sábio.
Descontextualização	O texto ensinado perde o sentido original, de modo a não ser mais possível identificá-lo com o saber sábio.
Despersonalização	A identificação do saber ensinado ao processo de produção social do conhecimento é preferencial em relação à vinculação ao seu produtor, que ocorre com o saber sábio.

Resultados

O diagrama da Figura 1a possivelmente foi baseado no método utilizado para determinar a configuração eletrônica do estado fundamental. Esse método é conhecido como procedimento de *Aufbau* (Figura 1b) – cujo significado em alemão é “construção” (Russel, 1999). Em geral, o diagrama da Figura 1a é referido em livros didáticos publicados no Brasil como “Diagrama de Linus Pauling”. Em livros internacionais (Luder, 1943; Devault, 1944; Swinehart, 1950), é atribuída a Linus Pauling a autoria do diagrama publicado na obra *The Nature of the Chemical Bond*, de 1939 (Figura 2), mas tratam-no por “diagrama de distribuição eletrônica”.

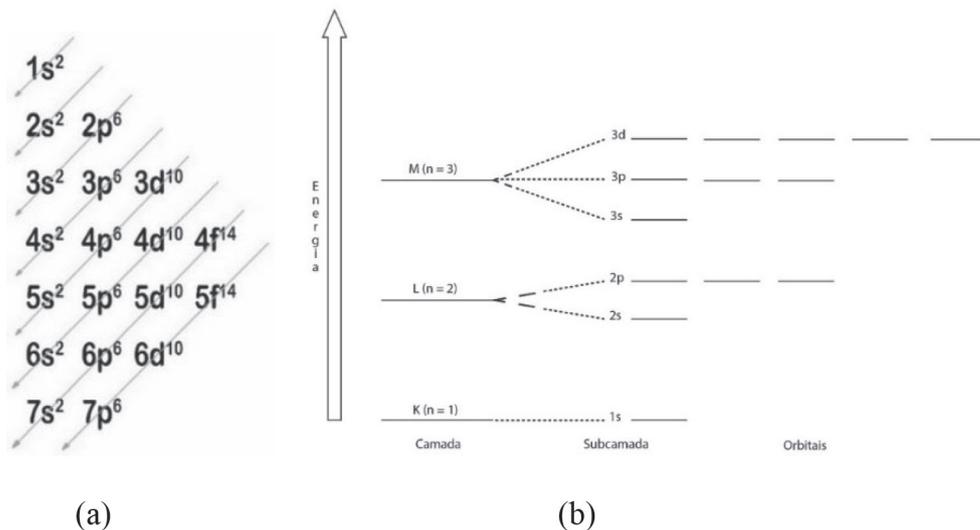


Figura 1: (a) Ordem de preenchimento das subcamadas. (b) Procedimento de *Aufbau* (para $n = 3$). Os elétrons são adicionados sucessivamente, iniciando pela base e avançando para cima. Fonte: elaborada pelos autores.

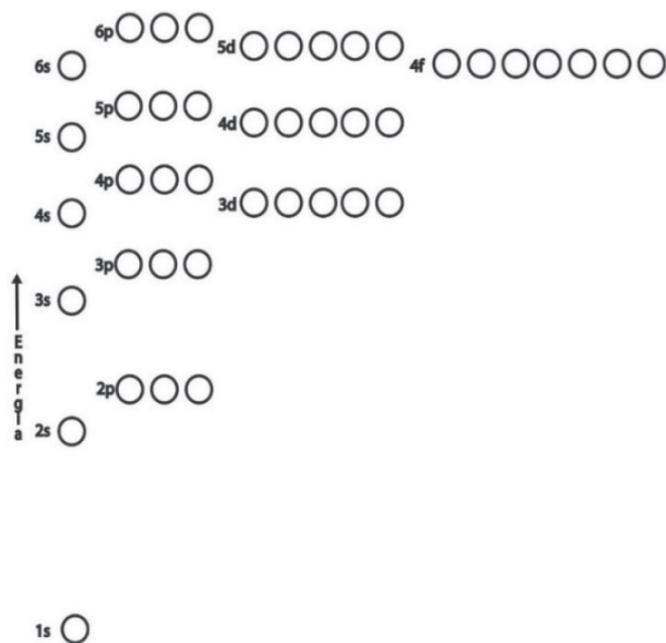


Figura 2: Diagrama de distribuição eletrônica. Fonte: adaptado de Pauling (1939).

Após a publicação do diagrama elaborado por Linus Pauling (Pauling, 1939), Hazlehurst (1941) e Luder (1943) mencionam o referido diagrama com o título de diagrama de nível de energia (*energy level diagram*) em seus trabalhos. Futuramente, diversos autores (Yi, 1947; Hakala, 1948; Simmons, 1948) apresentam na revista *Journal of Chemical Education* alternativas mnemônicas para a sequência de distribuição eletrônica.¹

Esquemas publicados em outras obras (Carroll e Lehrman, 1948; Chapin e Steiner, 1943; Emeleus e Anderson, 1947; Pauling, 1945; Rice, 1940; Richtmeyer e Kennard, 1942; Thorne e Roberts, 1943) são referidos no trabalho de Swinehart (1950) como “trabalhos de memorização proibitivos” (p. 622) que justificariam sugestões de princípios fáceis de serem lembrados que, por aplicação sistemática,

poderiam levar diretamente à configuração desejada de um determinado átomo. Esse parece ter sido o escopo do desenvolvimento das propostas dos diagramas de distribuição eletrônica apresentadas no *Journal of Chemical Education*.

O modelo de Pao-Fang Yi (Figura 3) (Yi, 1947) apresenta disposição inversa à mais utilizada atualmente, com a camada 7 acima e a 1 abaixo (tal qual a de Linus Pauling).

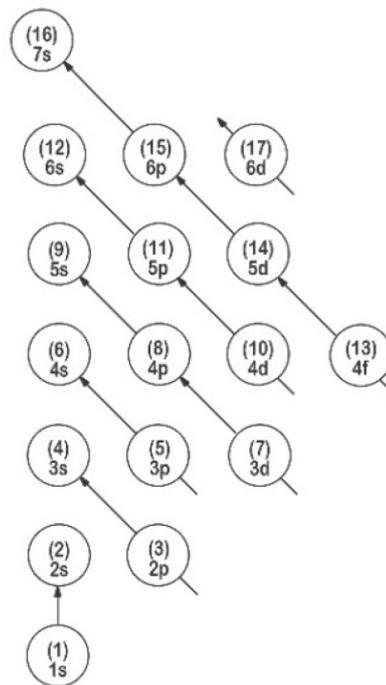


Figura 3: Diagrama de Pao-Fang Yi. Fonte: adaptado de Yi (1947).

Na obra *Química Inorgânica* de Beltrán (1961), o diagrama de Pao-Fang Yi já é apresentado em ordem invertida (com a camada 1 no topo e a 7 na base) e com adição do subnível p à camada 7.

Para a distribuição dos elétrons nos níveis de energia na proposta de Yi (1947) usa-se a chamada Regra de Madelung,

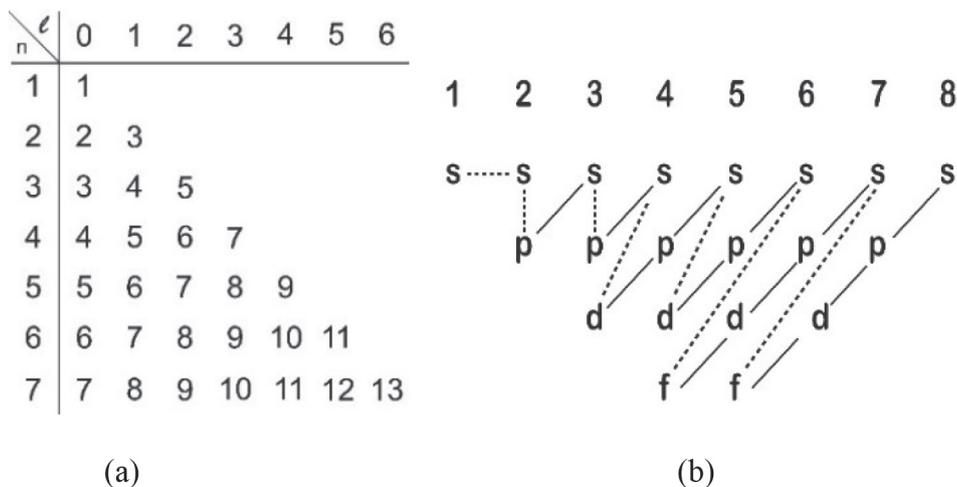


Figura 4: (a) Diagrama de Yeou Ta. (b) Tabela de acompanhamento de Simmons. Fonte: adaptado de Yeou Ta (1946) e de Simmons (1948).

em referência ao físico alemão Erwin Madelung (1881-1972). De acordo com essa regra empírica, os subníveis devem ser preenchidos na ordem crescente de $n + \ell$ e a distribuição eletrônica se iniciará do topo, com a primeira seta cruzando o orbital $1s^2$. Seguindo-se a ordem das camadas e subcamadas indicadas pelas setas no sentido descendente, pode-se facilmente determinar a ordem do preenchimento eletrônico dos orbitais. Na edição seguinte do *Journal of Chemical Education*, Simmons (1947) publica uma carta ao editor na qual critica o diagrama de Pao-Fang Yi e aponta uma adaptação dele, publicada na revista *Annals of Physics* em 1946 (Ta, 1946) (Figura 4a).

Em 1948, Simmons propõe a sua “tabela de acompanhamento” (Simmons, 1948), pois, segundo o autor, a regra mnemônica de Pao-Fang Yi era menos conveniente do que a sua tabela (Figura 4b). Na proposta de Simmons, a primeira linha apresenta os oito números quânticos principais. Abaixo estão os subníveis *s*, *p*, *d* e *f*, sempre pulando a coluna anterior. As linhas diagonais são desenhadas do topo, à direita, para o canto inferior esquerdo (como apresentado pelas linhas contínuas). A série é completada com as linhas pontilhadas.

Em 1948, Hakala (1948) publica uma carta ao editor do *Journal of Chemical Education*, afirmando que no verão de 1946 (portanto um ano antes da publicação de Yi) já trabalhara com um diagrama de distribuição eletrônica em seu curso introdutório de Química Geral (Figura 5).

Pelo que foi exposto, percebe-se que, desde a publicação do trabalho de Linus Pauling, em 1939, houve várias tentativas de apresentar esquemas que indicassem a configuração eletrônica dos átomos. O que será visto a seguir é como essas propostas foram incorporadas nos manuais de ensino publicados no Brasil nos anos 1960.

O Esquema de Distribuição de Energia nos Livros Didáticos

Em ordem cronológica, a primeira obra aqui analisada é *Química: uma ciência experimental (Chemical Education Material Study, 1973)*, publicada pela primeira vez em 1960. A edição consultada é a tradução para a língua portuguesa de



Figura 5: Diagrama de Hakala. Fonte: adaptado de Hakala (1948).

1973, e a explicação da energia dos elétrons está no capítulo 15 do volume 2, intitulado “Elétrons e a Tabela Periódica”.

O “Esquema dos níveis de energia” aparece no subitem “15.2 – Átomos constituídos de muitos elétrons” (p. 354). O título da figura não está associado ao nome de Pauling, sugerindo um processo de despersonalização do que foi considerado saber sábio. A ilustração apresenta os níveis de energia mais baixos na parte inferior e em escala, indicando que as diferenças energéticas entre os orbitais variam tal como a proposta por Pauling. Os orbitais também são representados de forma semelhante à proposta por esse autor em 1939.

Os orbitais estão representados por círculos na quantidade de cada subnível, mas o esquema não é usado como um instrumento para a distribuição de elétrons e sim como um elemento explicativo das características do átomo. Nesse sentido, o “Esquema dos níveis de energia” foi descontextualizado da obra original, uma vez que Pauling visava oferecer um instrumento que apresentasse a distribuição dos elétrons e a representação do livro didático tinha como objetivo explicar a estrutura da eletrosfera.

A segunda obra em que o tema foi abordado é do *Chemical Bond Approach Committee* (CBA, 1964), cuja primeira edição estadunidense é de 1961. Nessa obra, a ilustração dos níveis de energia aparece no capítulo 7 – “Níveis de energia dos elétrons” – que tem como objetivo “[...] tentar classificar os átomos em grupos baseados nas energias de ionização” (CBA, 1964, p. 125).

A representação é intitulada “Níveis de energia relativos dos átomos no estado gasoso dos primeiros vinte elementos” (CBA, 1964, p. 129), em clara despersonalização da obra na qual foi baseada, e contém orbitais em disposição horizontal e distribuídos em escalas de energia. A figura se assemelha à da outra obra estadunidense, considerando as categorias estabelecidas no Quadro 2, indicando que houve uma estabilidade da abordagem.

Na categoria Eixo Horizontal são observadas algumas diferenças: na primeira obra, a escala de energia é arbitrária e determinada intuitivamente pela disposição espacial das camadas; já na segunda obra, o autor explicita em legenda, no eixo das ordenadas, o termo “energia crescente”. No CBA os subníveis estão em forma de retângulos e, também nesse caso, o uso da imagem se afasta da finalidade da proposta de 1939 que era a de oferecer um instrumento facilitador para a distribuição dos elétrons.

A primeira obra de autor brasileiro que faz referência ao tema é *Química para o terceiro ano colegial*, dos autores Geraldo Camargo de Carvalho e Waldemar Saffioti (Carvalho e Saffioti, 1961). A obra não apresenta ilustração do esquema de distribuição de níveis de energia dos elétrons, mas contém um quadro intitulado “Distribuição dos elétrons nos níveis de energia dos átomos dos elementos” (p. 186 e 187), denotando, novamente, despersonalização do saber sábio, com a estrutura eletrônica de todos os elementos até o urânio.

Na obra *Química geral e inorgânica* de Luciano do Amaral (Amaral, 1967), o tema é tratado no capítulo IV – “Estrutura do átomo” – do primeiro volume, com o objetivo de caracterizar as partículas que constituem os átomos. A imagem do esquema de níveis de energia contém apenas um título – “Orbitais vazios” – (p. 86) e não apresenta legenda. Não há identificação do autor da teoria, indicando uma despersonalização do saber sábio.

Os níveis de energia mais baixos estão na parte inferior do desenho, mas não há escala entre os subníveis. Esses são apresentados de forma horizontal como quadrados e sem escala de energia. O esquema também não se assemelha a nenhuma proposta que aparece na teoria, caracterizando um processo de descontextualização do saber sábio. Na página 88 há um esquema de níveis de energia com os orbitais preenchidos e na página 89 há uma representação da distribuição eletrônica pronta dos elementos do hidrogênio até o argônio. Nesses casos, as representações das distribuições eletrônicas encontram-se dispostas linearmente, excluindo-se o sentido de diagrama. Semelhante à outra obra de autor brasileiro, o objetivo das representações é descrever a estrutura da eletrosfera.

Na obra *Química*, de Irmão Firmino Bonato, publicada

em 1968 (Bonato, 1968), o tema é tratado no 1º volume do curso colegial. O texto contém somente definições e a imagem é inserida na sequência das definições, sem que seja feita referência a ela. A ilustração é apresentada com a seguinte legenda: “Diagrama das camadas e subcamadas de elétrons no átomo” (Bonato, 1968, p. 39), ou seja, despersonalizada. Nessa imagem os níveis de energia mais baixos estão na parte inferior da figura e os orbitais estão ligados por uma linha, formando a imagem de uma escada ascendente. Não há escala entre os subníveis e não há relação com a teoria, caracterizando um processo de descontextualização. Entre os livros analisados, é o mais antigo a usar o termo “diagrama” como título.

Embora “esquema” e “diagrama” possam ser sinônimos, a mudança do termo pode indicar que ao se referir ao termo “esquema” o que se propunha era oferecer uma representação simplificada que auxiliasse na explicação das características dos átomos, enquanto que o uso do termo “diagrama” objetivava ilustrar a estrutura da eletrosfera.

Outra obra do mesmo ano é *Elementos de química*, de Aluisio Pimenta e Duilio de Paiva Lenza (Pimenta e Lenza, 1968). Nessa obra, a ilustração apresenta os níveis de menor energia na parte superior, e a ordem de preenchimento dos subníveis é dada por linhas diagonais semelhantes às da Figura 1a, com o seguinte título: “Ordem de preenchimento dos subníveis” (p. 146). Nesse caso, a imagem é completamente diferente da que aparece na obra de Pauling de 1939, revelando um total distanciamento do saber sábio e um processo acentuado de descontextualização e de descontextualização, mas sua função é auxiliar a distribuição dos elétrons nos subníveis.

Na obra de Waldemar Saffioti, *Fundamentos de química*, de 1968 (Saffioti, 1968), o tema é tratado no capítulo 12 – “Estrutura do átomo”. Nessa obra, a imagem também é denominada pelo termo “diagrama” e é apresentada como um instrumento para ser usado na definição da ordem de energia dos orbitais. Apesar disso, apresenta os níveis de energia menores na parte superior do desenho, e os orbitais estão representados por círculos em disposição horizontal, mas sem escala de energia (p. 222), apontando para um saber descontextualizado. Nessa obra, a ilustração explicava a disposição dos elétrons nos átomos.

A obra *Atomística*, de Ricardo Feltre e Setsuo Yoshinaga, de 1970 (Feltre e Yoshinaga, 1970), trata do assunto no capítulo 3, intitulado “Estrutura do átomo” (p. 119). A ilustração dos níveis de energia é introduzida para explicar as diferenças de energia dos elétrons. No primeiro desenho, intitulado “Diagrama energético dos subníveis”, o nível 1s aparece na parte inferior para indicar a ordem de energia dos orbitais. Após essa explicação, é apresentado um esquema de distribuição de elétrons nos orbitais denominado “Diagrama de Pauling” com a seguinte explicação: “O cientista Linus Pauling idealizou um dispositivo prático que permite dar, imediatamente, a ordem energética dos subníveis e que é conhecido como Diagrama de Pauling” (Feltre e Yoshinaga, 1970, p. 160). Nesse caso, pela primeira

vez nos livros analisados, não se verifica um processo de despersonalização. No entanto, é verificado um processo de descontextualização, uma vez que os níveis de energia mais baixos encontram-se na parte de cima do desenho, os orbitais são designados pelos números, e não há definição de eixo de energia, indicando que há um distanciamento do sentido original, não sendo mais possível identificá-lo com o saber sábio.

Percebe-se que nessa obra o esquema de energia é usado como um instrumento para auxiliar a distribuição dos elétrons nos subníveis de energia, e não como um argumento explicativo da estrutura da eletrosfera, o que pode ser verificado pelos argumentos dos autores: “No preenchimento de elétrons num átomo, eles vão ocupando os orbitais de menor energia. Portanto, o diagrama de Pauling mostra-nos como devemos preencher os subníveis dos átomos” (Feltre e Yoshinaga, 1970, p. 160).

Considerações Finais

Da proposta de Pauling às utilizadas em livros didáticos de Química do período investigado, muitas modificações foram realizadas, sendo que uma delas foi a inversão da ordem das camadas. O que para Pauling era a correlação do nível de energia das camadas da eletrosfera (abaixo, a menos energética), relacionando-se com outras proposições, como a de Madelung ou os princípios matemáticos vislumbrados no desenvolvimento da Química Quântica, para autores de livros didáticos dos anos 1960 essa informação foi perdida com a inversão da ordem do diagrama.

Na ciência, as finalidades da proposta de Pauling, de 1939, foram modificadas ao longo do tempo, pois se a intenção de Pauling era criar um procedimento que dispensasse os cálculos matemáticos requeridos para a distribuição eletrônica, as propostas subsequentes tiveram como objetivo criar um instrumento que facilitasse a memorização da ordem de distribuição dos elétrons na eletrosfera. Isso é observado nos diagramas apresentados pelos autores dos artigos científicos investigados, nos quais o termo “mnemônico” é utilizado para se referir ao caráter facilitador de seus diagramas.

Em relação aos livros didáticos, também foi verificada uma mudança nas finalidades do diagrama. Observou-se em todos os exemplares que o diagrama de distribuição de elétrons foi descontextualizado, tanto em relação à proposta elaborada por Pauling, quanto às elaboradas pelos demais cientistas. Também foi verificado que, com exceção da obra de Feltre e Yoshinaga (1970), o diagrama

foi despersonalizado da proposta original. Nesse sentido, conclui-se que houve um processo de descontextualização, visto que em todas as obras didáticas o assunto foi afastado de sua origem histórica.

No entanto, esse processo de descontextualização não se deu de maneira uniforme. Apesar de inicialmente não ser uma categoria de análise, percebeu-se que as finalidades do diagrama se transformaram durante o período analisado de um instrumento de auxílio para as explicações sobre a estrutura da eletrosfera para um de apoio às regras que definiam a estrutura da eletrosfera.

Os resultados indicam que as obras estadunidenses analisadas seguem ou se aproximam da proposta de diagrama de distribuição eletrônica de Linus Pauling de 1939 (Figura 2). Já as obras escritas por autores brasileiros se distanciam do processo histórico de elaboração do diagrama, pois tanto as características da proposta de Pauling de 1939, como as alterações realizadas nesse instrumento, foram ignoradas.

Finalmente, é possível concluir que a inserção e o desenvolvimento desse assunto nos livros didáticos têm uma explicação que se distancia da relação direta com o desenvolvimento da Química. No entanto, não é possível afirmar que houve um processo de transposição didática semelhante ao que é proposto por Chevallard, pois as mudanças nos livros didáticos não parecem ser derivadas de um processo de reflexão organizado em uma “noosfera”. Além disso, a investigação ofereceu indícios de que as propostas de transposição didática sofreram modificações ao longo do tempo, mas esse tema ainda precisará ser mais bem analisado.

Nota

¹Além desses, outros autores também trataram sobre o mesmo tema (Strong III, 1959; 1985; Keller, 1962; Krupsaw e Ng, 1972; Wong, 1979; Carpenter, 1983; Hovland, 1986; Grenda, 1988; Darsey, 1988; von Marttens Osorio e Goldschmidt, 1989; Rieck, 1990; Sing e Dikshit, 1991; Iza e Gil, 1995).

André Amaral Gonçalves Bianco (andre.bianco@unifesp.br), bacharel e licenciado em Química pela Universidade de São Paulo (USP), doutor em Ciências (modalidade Ensino de Bioquímica) pela USP, é docente do curso de Ciências – Licenciatura da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), campus Diadema, Diadema, SP – BR. **Reginaldo Alberto Meloni** (meloni@unifesp.br), bacharel em Química, licenciado em Química e Pedagogia, mestre em História Social pela USP e doutor em História da Educação pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), é docente do curso de Ciências – Licenciatura da Unifesp, campus Diadema, Diadema, SP – BR.

Referências

- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BELTRÁN, J. *Química inorgánica: texto superior para uso de los estudiantes de las facultades de ciencias y escuelas de ingeniería*. 3ª ed. Barcelona, Buenos Aires, México: Editorial Reverté, 1961.

CARPENTER, A. K. 4s, 3d, what? *Journal of Chemical Education*, v. 60, n. 7, p. 562, 1983.

CARROLL, B. e LEHRMAN, A. The electron configuration of the ground state of the elements. *Journal of Chemical Education*, v. 25, n. 12, p. 662-666, 1948.

CHAPIN, W. H. e STEINER, L. *Second year college chemistry*. 5ª ed. New York: John Wiley and Sons, 1943.

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sábio*

al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1997.

DARSEY, J. A. A new approach for determining electronic configurations of atoms. *Journal of Chemical Education*, v. 65, n. 12, p. 1036, 1988.

DEVAULT, D. A method of teaching the electronic structure of the atom. II. Advanced topics. *Journal of Chemical Education*, v. 21, n. 12, p. 575-581, 1944.

EMELEUS, H. J. e ANDERSON, J. S. *Modern aspects of inorganic chemistry*. New York: D. Van Nostrand and Co., 1947.

GOODSON, I. *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa, 1997.

_____. Tornando-se uma matéria acadêmica: padrões de explicação e evolução. *Teoria & Educação*, v. 2, p. 230-254, 1990.

GREINDA, S. C. A simple mnemonic device for electron configuration. *Journal of Chemical Education*, v. 65, n. 8, p. 697, 1988.

HAKALA, R. W. Letter to the editor. *Journal of Chemical Education*, v. 25, n. 4, p. 229, 1948.

HAZLEHURST, T. H. Quantum numbers and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 18, n. 12, p. 580-581, 1941.

HOVLAND, A. K. Aufbau on a chessboard. *Journal of Chemical Education*, v. 63, n. 7, p. 607, 1986.

IZA, N. e GIL, M. A mnemonic method for assigning the electronic configurations of atoms. *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 11, p. 1025-1026, 1995.

KELLER, R. N. Energy level diagrams and extranuclear building of the elements. *Journal of Chemical Education*, v. 39, n. 6, p. 289-293, 1962.

KRUPSAW, M. e NG, G. Electron configuration diagram. *Journal of Chemical Education*, v. 49, n. 6, p. 433, 1972.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. I. Obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LUDER, W. F. Electron configuration as the basis of the periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 20, n. 1, p. 21-26, 1943.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. *Revista Brasileira de História da Educação*, n. 26, p. 95-108, 2004.

PAULING, L. *College chemistry: an introductory textbook of general chemistry*. 1st ed. São Francisco: W.H. Freeman and Company, 1950.

_____. *The nature of the chemical bond*. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1939.

RICE, O. K. *Electronic structure and chemical binding*. New York: McGraw-Hill Book Co., 1940.

RICHTMEYER, F. K. e KENNARD, E. H. *Introduction to modern physics*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1942.

RIECK, D. F. Understanding electron configurations. *Journal of Chemical Education*, v. 67, n. 5, p. 398, 1990.

RUSSEL, J. B. *Química geral*. São Paulo: Pearson Universidades, 1999, v. 1.

SIMMONS, L. M. Display of electronic configuration by a periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 24, n. 12, p. 588-589, 1947.

_____. Letter to the editor. *Journal of Chemical Education*, v. 25, n. 12, p. 698, 1948.

SINGH, R. e DIKSHIT, S. K. Aufbau rewritten. *Journal of Chemical Education*, v. 68, n. 5, p. 396, 1991.

STRONG III, F. C. Revised atomic form periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 62, n. 5, p. 456, 1985.

_____. The atomic form periodic table. *Journal of Chemical Education*, v. 36, n. 7, p. 344-345, 1959.

SWINEHART, D. F. The building-up principle and atomic and ionic structure. *Journal of Chemical Education*, v. 27, n. 11, p. 622-624, 1950.

TA, Y. Une nouvelle représentation du tableau périodique des éléments. *Annales de Physique*, v. 12, n. 1, p. 88-99, 1946.

THORNE, P. C. L. e ROBERTS, E. R. *Ephraim's inorganic chemistry*. 4th ed. New York: Interscience Publishers, 1943.

VON MARTTENS OSORIO, H. e GOLDSCHMIDT, A. The electronic periodic chart of the elements. *Journal of Chemical Education*, v. 66, n. 9, p. 758-761, 1989.

WONG, D. P. Theoretical justification of Madelung's rule. *Journal of Chemical Education*, v. 56, n. 11, p. 714-717, 1979.

YI, P. F. Letter to the editor. *Journal of Chemical Education*, v. 24, n. 11, p. 567, 1947.

Abstract: *School Knowledge: A Study of the Theme Linus Pauling Diagram in Chemistry Textbooks – 1960/1970.* This work will present the initial results of the research whose main objective is the verification of the relation between the knowledge produced by scientists and the knowledge which is planned and translated for the purposes of education. Using as references the theories of Ivor Goodson and Yves Chevallard, we tried to answer the following question: what is the relation between the scientific knowledge and the scholar knowledge in regards to the topic of electronic distribution/Linus Pauling Diagram? The work is being developed in a historic perspective by means of an investigation of the history of science between 1939 and 1948 and through the study of Chemistry textbooks published in the 1960's. The results indicate that there was no relation between the knowledge originated outside the school and the knowledge obtained in the school. Additionally, there is evidence showing that some versions of the topic seem to have lost its original meaning. We thus conclude that the process of didactic transposition was not adequately considered by the authors of the analyzed textbooks.

Keywords: Linus Pauling diagram, scholar knowledge, textbooks