

A presença da Química Quântica em livros e recursos didáticos

Guilherme Sales da Rocha¹, Denise Leal de Castro²

¹Graduado em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ/Brasil).

²Doutora em Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Professora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

The presence of Quantum Chemistry in books and didactic resources

Informações do Artigo

Recebido: 21/05/2020

Aceito: 30/06/2020

Palavras-chave:

química quântica; libro didáctico; recursos didácticos.

Key words: quantum chemistry;

didactic textbook; didactic resources

E-mail: guuih.rocha@gmail.com

ABSTRACT

In the last decades scientific and technological advances have awakened in young people more glances on subjects related to the sciences in a general way, being the contemporary chemistry totally included in this. The analysis of quantum chemistry in textbooks, in a paradidactic textbook and other didactic resources will be based on Laurence Bardin's (1977) discourse analysis. We will analyze the other didactic resources that are: websites, software, quantum chemistry courses for updating teachers and technical visits. With this research we were able to verify the presence of Quantum Chemistry in textbooks, some cases are well addressed and in other cases are very succinct. Already the paradidactic textbook is the one that presents / displays greater content like physical material of the subject of Quantum Chemistry. It is also important to emphasize that the initial training course of the chemistry teacher should also be attentive to seek and promote courses in the field of Quantum Chemistry.

INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que se ocupa do estudo da estrutura, composição e transformações da matéria. Com os estudos atuais, é apresentado que a matéria provavelmente seja formada pelas interações entre diversas partículas submicroscópicas, em um movimento caótico e incessante. Nas últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens mais olhares sobre temas relacionados às ciências de uma forma geral, sendo a Química contemporânea totalmente incluída nisso (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007).

Segundo Borges (2012), o consenso atual de que a Química Quântica é um legítimo campo da Química nem sempre existiu na história. Ao longo século XX, houve tentativas de apropriação da Química Quântica tanto pela Física como pela Matemática aplicada. O

desenvolvimento histórico da Química Quântica tem tido a articulação de sua autonomia relativa tanto à Física quanto à Química, ou seja, como uma área científica por si mesma.

Por outro lado, o estudo da Mecânica Quântica, que trata dos estudos dessas partículas subatômicas, surpreendentemente ainda é negligenciado em muitos cursos de graduação em Química no Brasil, bem como em muitos currículos, onde um curso de Química Quântica, ainda que introdutório, se faz ausente.

Se os recursos didáticos disponíveis nas diversas plataformas (livros didáticos, livros paradidáticos, *sites*, *software* e visitas técnicas) para os professores de Química seriam suficientes para a inserção do estudo de Química Quântica no ensino médio? É um grande questionamento que será levantado e possivelmente respondido ao longo deste trabalho. Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), os autores discutem sobre a lacuna provocada no campo da Física por um currículo desatualizado que resulta em uma prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno.

Conseguimos trazer facilmente para o campo da Química a mesma problemática, pois essa desatualização do currículo não permite que o professor compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a Química Quântica desempenha no mundo em que vivemos (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007).

De acordo com o PCNEM (2002), é necessário pensar em reformas curriculares, levando em conta as mudanças estruturais que alteram a produção e a própria organização da sociedade que identificamos como fator econômico. Não é menos importante conhecer e analisar as condições em que se desenvolve o sistema educacional do país. Tanto que, somente um ano após a publicação do PCNEM, saiu o PARECER N.º CNE/CES 67/2003 em consonância com os paradigmas das Diretrizes Curriculares Nacionais que objetivam servir de referência para as instituições na organização de seus programas de formação, permitindo flexibilidade e priorização de áreas de conhecimento na construção dos currículos plenos (BRASIL, 2013).

Com isso, o objetivo principal deste presente trabalho é verificar a presença da Química Quântica no estudo da Química apresentado aos alunos e aos professores do Ensino Médio, utilizando os livros e recursos didáticos disponíveis no momento. Com a análise do conteúdo de Química Quântica nos livros didáticos do PNLD e paradidáticos sob a perspectiva do PCN+, apresentaremos também os recursos didáticos disponíveis que os professores de Química podem utilizar para abordar o estudo de Química Quântica, como materiais, alguns *sites*, visitas técnicas e *software* que estão envolvidas com alguma instituição de ensino superior ou não.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Mecânica Quântica foi construída na década de 20 do século XX para lidar com o átomo. Os físicos consideravam-na como um instrumento provisório destinado ao fracasso fora dos domínios do átomo, entretanto a Mecânica Quântica prosperou e ultrapassou os mais fantásticos sonhos de seus inventores.

Atualmente, devido à aceitação dos Postulados Quânticos e de suas extensivas aplicações em centros científicos pelo mundo, vem proporcionando uma maior divulgação de experimentos provenientes da Mecânica Quântica para aplicação de problemas atuais, bem como o aumento de pesquisadores na área (SILVA, 2003).

Em consonância com a BNCC, destaca-se:

Para que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema, envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras. Espera-se, também, que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (BRASIL, 2018, p. 550).

Alguns livros didáticos contribuem na geração de obstáculos na aprendizagem, esse tipo de questionamento não é exclusivo de nosso país. Diversos outros países ao redor do mundo também se encontram presos pelos mesmos dilemas, que vão desde políticas públicas que se tornam um grande entrave para produção de um livro didático ideal até em problemas por pressões de editoras para publicar determinado conteúdo de qualquer forma.

Os livros didáticos normalmente apresentam a Química como povoada por orbitais, ligações e anéis, todos reais. O professor de Química ao mostrar que o realismo sozinho não pode explicar todas as propriedades químicas, ajudaria o alunado a ter a mente mais aberta para outras direções frutíferas. Cabe ao ensino da Química, nos diversos níveis, tentar construir os elos que conectem essas fronteiras, reduzindo a distância entre a vida cotidiana e a ciência contemporânea (MORTIMER, 1996).

É ressaltado que o texto do livro didático não é a simples adaptação do texto científico para efeito do ensino escolar, exclusivamente por meio de transposições didáticas de conteúdos de referência. Ele reflete as complexas relações entre ciências, cultura e sociedade no contexto da formação de cidadãos e se constitui a partir de interações situadas em práticas sociais típicas do ensino na escola. Nesse sentido, ele representa uma instância articuladora de diferentes vozes e horizontes sociais e conceituais, constituindo e materializando o discurso científico-escolar, ou o discurso sobre ciência na escola (MARTINS, 2006).

Por intermédio da PNLD (2018) afirmamos que é em meio a essas perspectivas que o livro didático para o Ensino Médio deve ser inserido, constituindo-se como mais uma ferramenta de apoio à construção dos processos educativos, com vista a assegurar a

articulação das dimensões ciência, cultura, trabalho e tecnologia no currículo dessa etapa da educação básica.

Sendo o professor o detentor da escolha e atuação como mediador na relação livro didático/aluno, é relevante compreender quais sentidos os docentes atribuem a esse material pedagógico. Especialmente se considerarmos a atual política do livro didático, que estimula os professores a conhecerem, discutirem e escolherem o livro a ser adotado na escola durante certo período. Nessa perspectiva, tomamos o professor como detentor de um saber que precisa ser valorizado tanto na avaliação dos livros didáticos existentes quanto na elaboração de futuros, pois, ao escolher o material educativo, o professor representa também, em sua seleção, os sentidos que ele atribui a sua prática profissional, à aprendizagem da ciência, à natureza da ciência e ao seu alunado. Saberes que precisam ser compreendidos, problematizados e valorizados a todo instante (CASSAB; MARTINS, 2003).

Uma alternativa em substituição ao livro didático, apontada por Neto e Fracalanza (2003), é o uso do livro paradidático. Alegando que tais paradidáticos poderiam se constituir em livros didáticos “modulares”, de maneira que o professor pudesse compor seu compêndio escolar ao longo do ano letivo, a partir da realidade das escolas onde atua, da sua experiência profissional, das vivências e do contexto sociocultural de seus alunos e das ocorrências do processo de ensino-aprendizagem que permitam avaliar os resultados parciais de seu trabalho docente e programar as mudanças necessárias e adequadas.

Na educação, a noção do obstáculo pedagógico também é desconhecida. É surpreendente que os professores de Ciências, mais do que os outros, não percebam que o aluno possa não compreender perfeitamente o conhecimento recém-adquirido (BACHELARD, 1938).

O assunto da Química Quântica poderia ser abordado em adaptação em qualquer matéria de Química no curso de graduação, porém em especial para sua inserção na Química Geral, Química Inorgânica e Físico-Química. Se não, a dificuldade de inserir o assunto no ensino médio será aumentada drasticamente. Por isso destacar a importância ao estudo da Química Quântica na vida dos alunos seria o ideal, devido a esse conhecimento estar presente nas tecnologias atuais. A escola, juntamente com o professor, pode proporcionar essa vivência maior do aluno no que se estuda dentro da sala de aula com o que está no mundo. O papel do professor formador merece muito destaque, pois ele é responsável por nutrir esperanças, por encorajar sonhos e por mediar todo o processo de formação (SILVA; OLIVEIRA, 2009).

É importante ressaltar, segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), que a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Não bastaria introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais, se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar.

O impacto dessa teoria na Química pode ser verificado pelas suas implicações práticas em ramos diversos como espectroscopia, microscopia eletrônica, modelagem molecular, entre outras (ARROIO et al., 2005). Especialmente no que se refere a modelos moleculares, o papel desempenhado pela Mecânica Quântica é, juntamente com a termodinâmica estatística, de integração da linguagem e de conceitos químicos, permitindo a interpretação e a racionalização de propriedades macroscópicas com fundamentos em nível atômico molecular.

Quando falamos do papel do professor frente às práticas escolares Nóvoa (2009), nos afirma que:

Os professores reaparecem, neste início do século XXI, como elementos insubstituíveis não só na promoção das aprendizagens, mas também na construção de processos de inclusão que respondam aos desafios da diversidade e do desenvolvimento de métodos apropriados de utilização das novas tecnologias (NÓVOA, 2009, p. 13).

APORTES METODOLÓGICOS

Como apontado por Caregnato e Mutti (2006), não existe apenas uma linha de análise de discurso; existem muitos estilos diferentes “provavelmente ao menos 57 variedades de análise de discurso”, com enfoques variados, a partir de diversas tradições teóricas, porém todas reivindicando o mesmo nome.

Na análise do discurso subjacente a um texto, podemos observar as projeções da enunciação no enunciado; os recursos de persuasão utilizados para criar a "verdade" do texto (relação enunciador/enunciatário) e os temas e figuras utilizados (GREGOLIN, 1995). Já a análise de conteúdo pode ser quantitativa e qualitativa. Na abordagem qualitativa, na qual trabalhamos, se “considera a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo ou conjunto de características num determinado fragmento da mensagem” (CAREGNATO; MUTTI, 2006).

Nossa análise de conteúdo referente à Química Quântica nos livros didáticos, no livro paradidático e nos outros recursos didáticos será baseada na análise de discurso de Laurence Bardin. Por definição, Bardin destrincha o significado de um modo geral do termo análise de conteúdo, tal como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 10).

Os livros didáticos de Química do PNLD 2018 terão um viés de análise também através dos critérios pelo PCN+ nas unidades temáticas formados por:

- Radiações e modelos quânticos de átomo;

- Modelagem quântica, ligações químicas e propriedades dos materiais;
- Constituição nuclear e propriedades físico-químicas.

Analisaremos os outros recursos didáticos que são: sites, *software*, cursos de Química Quântica para atualização de professores e visitas técnicas. Esperamos que esses recursos didáticos possam fornecer um conhecimento mais detalhado para a formação contínua do professor de química e ao aluno do ensino médio.

DISCUSSÃO

LIVROS DIDÁTICOS

Os Livros Didáticos A, B, C, D, E e F apresentam uma sequência similar na apresentação dos conteúdos que abrangem a Química Quântica. Iniciando com os estudos através dos modelos atômicos, seguido pela introdução da tabela periódica e por último as ligações químicas.

(Livro A) REIS: Química

No Livro A, o capítulo 10 é iniciado com um texto sobre a poluição eletromagnética e como ela pode nos afetar. Introduzem-se os termos: partículas carregadas (próton e elétron), onda eletromagnética, íons e radioatividade. Ao longo do capítulo, a autora explica o que são prótons, elétrons e como os comprovamos através de experimentos feitos por cientistas físicos em uma determinada época no estudo da eletricidade. Em um pequeno trecho do rodapé do livro, a autora faz uma referência aos experimentos de Thomson com o uso do termo partículas subatômicas.

Ainda no campo dos experimentos, é apresentada uma ilustração esquemática do experimento de Rutherford e Kaufmann sobre as emissões radioativas espontâneas, introduzindo os conceitos da partícula alfa, partícula beta e os raios gama. Dentro do assunto de radioatividade, podemos perceber o intuito da autora em instigar o aluno a pensar nessa possibilidade que é a transmutação química. Porém não observamos um debrincar maior do assunto ao longo do livro, cabendo então o professor pegar esse gancho de problematização com os alunos. Outros tipos de uso da radioatividade como a datação arqueológica, radioterapia e produção de energia não foram citadas no livro.

No capítulo seguinte, temos uma maior introdução sobre o modelo de Rutherford e o que o cientista esperava que acontecesse no seu experimento. São apresentadas as limitações referentes a esse modelo e o que seriam melhorados com outros modelos atômicos que iriam aparecer nas sequências do livro.

É apresentada a teoria de Max Planck ao abordar o espectro eletromagnético e sua definição para energia. Nesse ponto, o professor deve deixar bem claro o nível de abstração do conteúdo para que os alunos não achem que as ilustrações dos modelos são realmente como ilustrados. A autora faz um alerta nesse ponto também como rodapé. Definições de

fóton e quantum são apresentadas de forma sucinta no livro. Também é dado um questionamento sobre qual tipo de teoria utilizar: a das ondas ou a das partículas? A autora afirma, superficialmente, que cada uma pode ser usada em tais condições, sendo que as duas sozinhas seriam “insuficientes” para demonstrar a dualidade onda-partícula. Entretanto, a autora não menciona as origens dos experimentos nos quais os cientistas levaram para a elaboração de cada teoria.

Sobre o modelo de Bohr, a autora nos leva ao entendimento dos níveis de energia propostos pelos postulados do próprio Niels Bohr sobre os elétrons, as representações esquemáticas do seu modelo e também são apresentadas as suas limitações. Já com o modelo atômico de Sommerfeld, são abordadas suas contribuições para o melhoramento ao modelo de Bohr, mas faltou abordar suas limitações, já que também é um modelo.

No capítulo 12 do Livro A, prosseguimos agora com o assunto de isótopos aliado aos nêutrons, sendo explicada a sua descoberta no campo científico e conceitos, assim como a constituição nuclear com as partículas fundamentais, as dimensões do núcleo e a eletrosfera. Em um grande rodapé do livro, na página 186, temos uma breve explicação sobre a antimatéria com a contribuição dos trabalhos de Paul Adrien e Erwin Schrödinger. Schrödinger foi o grande promissor dos estudos da origem da Mecânica Quântica. No mesmo rodapé, temos também abordada a dificuldade de obtenção da antimatéria, e o possível uso para o meio energético é mencionado também o estudo das antipartículas que são feitas no CERN.

Chegamos à parte problemática na qual é apresentada toda a distribuição eletrônica, assim como níveis de energia e o cálculo da energia no subnível, sem alguma explicação histórica de como foi o surgimento desses estudos. Observamos apenas um pequeno cabeçalho informando um endereço eletrônico sobre o diagrama de energia de Erwin Madelung.

Na parte da estabilidade na regra do octeto, percebemos uma maior preocupação da autora em atribuir as contribuições de Linus Pauling com Gilbert Newton Lewis e ainda ressalta que é apenas uma ferramenta, que esta regra não explica o fenômeno das ligações químicas e nem é seguida pela maioria dos outros elementos. A fórmula de Lewis é evidenciada nas explicações de ligação covalente e energia, mostrando o caso das moléculas de gás carbônico e gás nitrogênio, podendo-se fazer referência à quantidade dessas moléculas em estado gasoso no nosso planeta e suas interações ao redor do mundo.

Mais adiante, sobre a expansão e contração da regra do octeto, vemos o uso seguido do diagrama de energia para auxiliar na explicação. O curioso se dá pelo fato de a autora dizer que a molécula de $\text{NO}_{(g)}$ é paramagnética, por apresentar o elétron desemparelhado, para teoria dos orbitais moleculares isto é claramente evidenciado. Mas não é dada essa explicação no livro, deixando essa informação crucial em aberto e cabendo ao professor contornar essa falta de atenção deixada pela autora.

Nas ligações iônicas, no capítulo 17, um exemplo é dado logo em seguida com o sódio metálico e o gás cloro com as suas configurações eletrônicas respectivamente. Podemos perceber o quão importante foram os estudos de diagrama de energia da Mecânica

Quântica dentro da Química Quântica que podem influenciar, interagir e correlacionar com diversas áreas da química.

Os exercícios dados ao longo do livro são meramente retirados de questões de vestibulares. O intuito é passar o conhecimento de Química para que o aluno contribua com algo na sociedade ou apenas para que ele treine para estar no ensino superior?

(Livro B) MORTIMER e MACHADO: Química

No livro B, os capítulos seguem um padrão para iniciá-los através de um texto ou de uma atividade. É iniciado com o assunto da transmutação química, que é um bom conteúdo para que o professor deixe os alunos interessados e instigados a conhecerem mais sobre o núcleo do átomo e seus estudos pertinentes.

No primeiro texto do capítulo, temos uma abordagem histórica da ideia do átomo desde a Grécia antiga até os tempos atuais com espectrômetros e microscopia de tunelamento para demonstrar ao aluno o grande avanço da tecnologia em poder “ver” e estudar o átomo. É dada uma atividade experimental sobre eletroquímica para demonstrar evidências de natureza elétrica na construção dos materiais com discussões a serem respondidas. Essa atividade foi proposta para introduzir os assuntos de cargas elétricas que viria a seguir e modelo atômico de Thomson.

A descoberta dos Raios X é explicada historicamente também, juntamente com a descoberta da radioatividade, após um texto com detalhes sobre o casal Curie e suas descobertas para sociedade em suas pesquisas.

Na representação do modelo de Thomson, vemos finalmente uma mudança na analogia para que se possa aproximar os estudantes brasileiros a uma representação mais familiar, que é um panetone de passas em substituição a um pudim de passas, o qual traria muita confusão aos estudantes brasileiros.

Com o modelo de Rutherford, é explicada a contribuição dos seus alunos Geiger e Marsden para o experimento que deu origem ao modelo atômico. Os autores afirmam a existência de uma variedade de partículas hoje em dia, porém só citam com mais detalhes as três: prótons, elétrons e nêutrons.

São citados como exemplos os isótopos dos elementos químicos hidrogênio e cloro, mostrado também o uso dos isótopos radioativos na medicina. Temos um trecho que fala sobre limitação do modelo de Rutherford.

E Bohr nos dá uma solução bastante razoável para esse problema, porém, antes de conhecer a solução proposta, os autores introduzem a natureza ondulatória da luz e a radiação eletromagnética para que o aluno possa compreender melhor o modelo de Bohr após isso. É explicado como Max Planck propôs a relação da energia com a frequência da radiação emitida pela matéria, temos uma explicação da Teoria Quântica para contradizer a Física Clássica. Concordando os autores que a teoria abriu as portas como um novo caminho para se entender o átomo, Niels Bohr propôs um novo modelo para o átomo.

Com a ajuda de Balmer, com o espectro de hidrogênio, Bohr apresentou seu modelo por meio postulados que são apresentados no livro para que o aluno possa ter o acesso. O termo “quantizada” aparece para falar da energia dos elétrons no modelo de Bohr.

A seguir, os autores nos trazem os assuntos sobre a energia de ionização, níveis de energia e a tabela periódica para se relacionarem com o modelo de Bohr. É dado um texto sobre a natureza dual do elétron de Louis de Broglie, para os autores poderem abordar o modelo atual com comportamento dual do elétron, incerteza e orbital. Também é mencionado Schrödinger, que propôs a equação de ondas com mais sucesso que Broglie, e que a Mecânica Quântica estava sendo desenvolvida em diversos locais diferentes da Europa com Heisenberg, Pauli e Dirac.

Os autores dão um questionamento sobre o significado físico de uma onda associada a uma partícula (elétron), resultando na ideia de orbital que definiriam como a região mais provável de encontrar um elétron a certa distância. Em seguida, temos uma representação do orbital 1s para o átomo de hidrogênio no modelo atual, referindo-se a esses orbitais usando as letras s, p, d e f. Os autores falam da diferença da energia total do elétron quantizada do modelo de Bohr com a do modelo atual com os números quânticos. Com isso, o Princípio de Incerteza de Heisenberg é mencionado para dizer da incerteza dos elétrons e das outras partículas.

Vemos agora a introdução do Princípio de Exclusão de Pauli, mas também os quatro números quânticos: número quântico principal, número quântico do momentum angular orbital, número quântico magnético e número quântico magnético spin do elétron.

São apresentadas as figuras dos orbitais px, py e pz para explicar o segundo número quântico. Sobre os orbitais d e f, os autores optaram por não mostrar as figuras representativas por serem mais complicadas de visualizar. Os autores fazem uma indagação com relação à figura representativa do orbital, se o elétron passa de uma região do orbital p para o outro. A resposta se dá reforçando o comportamento do elétron como partícula-onda e que o elétron não circunda o orbital inteiro, mas sim ocupa todo o espaço do orbital.

O diagrama de energia de Pauling é dado através de sua explicação histórica e de sua aplicação da Mecânica Quântica à Química. Tendo (no final do capítulo 6) atividades para que o aluno faça e que o ajudem com o uso do diagrama de Pauling a perceber alguma regularidade para explicações encontradas na tabela periódica.

(Livro C) LISBOA: Ser Protagonista – Química

Com o livro C, é iniciada a unidade 2 com um texto intitulado “Do macro ao micro” no qual os autores mencionam o porquê do uso dos modelos nas pesquisas científicas. No capítulo 5 dessa mesma unidade, temos um texto que fala sobre a importância da descoberta dos raios X no início do século XX e o que essa descoberta nos proporcionou como as mudanças no desenvolvimento da medicina. Também é falado sobre como a produção industrial foi agraciada com os avanços dos modelos atômicos.

Com o modelo de Rutherford, temos a menção à radioatividade e às radiações alfa, beta e gama e introduzindo seu clássico experimento com seus colaboradores, que eram os alunos Geiger e Marsden. Em seguida, temos uma tabela com as partículas subatômicas apresentando características, como símbolo, carga relativa e massa relativa. Também temos um pequeno texto ao lado do texto principal informando sobre as transformações radioativas que ocorrem na transmutação de elementos químicos. No assunto isótopos, temos um quadro sobre a abundância relativa de alguns isótopos naturais, com um pequeno trecho no rodapé informando ao aluno sobre o enriquecimento isotópico, no qual aborda o “enriquecimento do urânio” com o processo de fissão nuclear nas usinas. Nesse ponto, apesar de pequeno, temos a abordagem sobre a energia nuclear prevista também no PCN+.

O termo radiação eletromagnética é citado para explicação da obtenção do espectro de emissão do hidrogênio com uma figura mostrando todo o processo.

Max Planck é citado pelos autores timidamente, quando é explicado que a energia é quantizada, gerando energia na forma de pequenos pacotes chamados “quanta”. Na linha da energia quantizada, abarcamos no modelo atômico de Bohr. Os autores falam do apoio de Rutherford na construção do modelo de Bohr e dão suas principais características sobre o movimento dos elétrons e suas camadas pertencentes. Os autores usam o caso da fluorescência ou fosforescência em objetos para explicar a excitação do elétron promovida por uma fonte de energia externa.

Na distribuição eletrônica promovida por Bohr, os autores exemplificam com os isótopos de hidrogênio, hélio e lítio através de uma figura representativa com cada elemento químico correspondendo à quantidade de camadas com a quantidade total de elétrons. O aluno pode questionar o porquê de apenas x números de elétrons em y camadas, os autores não se atentaram em mencionar em nenhum momento de onde surgiram essas regras e nem os cientistas por trás desses estudos.

No final do capítulo 5, temos um texto informativo sobre o despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX, que trata dos estudos da própria radioatividade, no início com Bequerel, até os usos do elemento rádio em produtos de beleza. Infelizmente, não temos nenhuma menção à cientista Marie Curie e a seu marido nesse texto e de suas grandes contribuições nos estudos para a temática. O modelo atômico mais atual não é citado pelos autores e no capítulo seguinte (sobre tabela periódica), a representação do modelo atômico para explicar propriedades químicas e físicas é feita pelo modelo de Bohr, podendo fazer com que o aluno associe esse modelo com o mais atual que no caso não é. A contribuição de Linus Pauling é dada pelos autores logo nas páginas seguintes, quando se fala sobre eletronegatividade.

Sobre a introdução ao estudo das ligações químicas, vemos a apresentação do modelo do octeto em relação à estabilidade dos gases nobres, usando os termos de valência e distribuição eletrônica. Depois, temos uma pequena história de Gilbert Lewis que aborda sua teoria com as suas representações que são feitas com uso dos pares de elétrons.

(Livro D) NOVAIS e ANTUNES: Vivá – Química

O livro D começa também com a ideia do “Macro para o Micro” divulgando endereços de sites que têm vídeos para que os alunos possam ter uma ideia da dimensão dos átomos e moléculas. Logo em seguida, temos uma tabela que faz a comparação entre os diâmetros aproximados de diferentes corpos, tais como: a Terra, gota de água, molécula da água, átomo de oxigênio e de hidrogênio. Com isso, é mencionado que desde 1914 através dos estudos dos raios X que os cientistas conseguem determinar posições e dimensões de átomos.

Partimos para o modelo de Thomson com os autores falando sobre as limitações do modelo anterior, de Dalton. Temos uma representação do tubo de Crookes explicando o uso dos raios catódicos e como Thomson usou esse estudo para dar início a seu modelo com o uso da menção das partículas.

Na temática da radioatividade, os autores começaram o texto com título de ‘*Os átomos podem quebrar?*’ Visto que já passamos pelo estudo do modelo de Thomson, então essa pergunta seria algo redundante para os alunos, mesmo os que ainda irão ter o contato com o estudo de radioatividade. Prosseguindo, temos as menções às contribuições de Becquerel, Marie Curie com seu marido e a busca de repostas sobre as radiações com Rutherford. No modelo de Rutherford, temos a representação do experimento com o feixe de partículas e a explicação sobre essas partículas tais como a alfa e a beta, também sobre raios gama. Esse é o primeiro livro em que vemos a clássica frase de Rutherford sobre seu experimento, mas que pouquíssimos livros didáticos o colocam.

Com Rutherford, temos uma nova proposta de modelo atômico composta pelo núcleo atômico e a eletrosfera. Os autores fazem um questionamento sobre a estabilidade desse átomo do modelo de Rutherford para ser respondido com o de Bohr.

O modelo Bohr (com seus postulados) entra para poder explicar melhor as dúvidas deixadas pelo de Rutherford. Os autores inserem seus postulados em um texto ao lado, explicando rapidamente a origem da Mecânica Quântica com Max Planck junto do que seria o significado da palavra postulado. Na página seguinte, temos o título “Outras partículas presentes no núcleo”, que poderia ser um apanhado geral sobre as partículas descobertas no estudo da Mecânica Quântica, porém os autores se restringem apenas a falar sobre os elétrons, prótons e nêutrons sem mencionar as outras partículas. Apresentam uma tabela denominada “Características das partículas fundamentais do átomo”, colocando as partículas e expondo um erro conceitual. As partículas fundamentais são apenas os nêutrons e os prótons, pois são compostos por subpartículas, já o elétron é considerado uma partícula elementar.

No final do capítulo, os autores apresentam um texto sobre *O que é mesmo um modelo?* Eles abordam o propósito do modelo e apontam o lado positivo do uso das analogias e esquecem completamente do lado negativo, dos estudos sobre as dificuldades dos alunos em fazerem analogias em determinadas comparações. Apontam que a representação da realidade e não a realidade, em que um modelo pode substituir o outro, mas não dizem que essa substituição é devido às limitações que um modelo pode apresentar.

Na distribuição eletrônica, são dados os níveis de energia e orientações de como funcionam as regras. Nada sobre Linus Pauling ou o porquê do uso das camadas é falado pelo autor. Uma menção a outros usos da radioatividade é dada em um exercício no qual uma matéria aponta sobre a questão nuclear no Brasil e pede para que o aluno também pesquise sobre a medicina nuclear.

(Livro E) CISCATO, PEREIRA, CHEMELLO e PROTI: Química

No tema 1 do capítulo 3 do livro E, temos uma foto do primeiro acelerador de partículas dizendo o seu objetivo principal e ao lado temos uma outra figura com o acelerador de partículas atual: o CERN.

Com o modelo de Thomson, é mostrado o experimento do fluxo de raio catódico com as ampolas de Crookes, assim como seu funcionamento.

Em um pequeno parágrafo, os autores resumem a história da radioatividade e, em seguida, começam a falar sobre o modelo atômico de Rutherford. Os autores optaram por usar um esquema de espalhamento de partícula alfa diferente do que é visto normalmente nos outros livros. Nagaoka também é citado pelos autores com a sua proposta de modelo atômico que surgiu antes do modelo de Rutherford. Dificilmente esse detalhe é citado nos livros didáticos.

Nas partículas subatômicas, nós temos as menções apenas do elétron, próton e nêutron. Com os isótopos, os autores falam do Francis Aston que observou a existência de isótopos para vários elementos químicos não radioativos. Há também um texto com os isótopos do oxigênio no uso da arqueologia. Antes de iniciar o modelo atômico de Bohr, os autores explicam as limitações do modelo de Rutherford que a Física Clássica não conseguia sustentar. Com o surgimento da quantização da energia por Max Planck, Bohr fez seus postulados para um novo modelo atômico. É apresentada pelos autores a distribuição eletrônica de alguns elementos e é dito que essa distribuição não serviria para todos os átomos.

Na regra do octeto, temos a parte histórica dos estudos de Kossel, Lewis e Langmuir. Os autores colocam também a utilidade de usar a regra do octeto e as exceções. Com a eletronegatividade, Linus Pauling é apresentado com sua contribuição sobre a maneira como os átomos se ligam ao se formarem os compostos. Na ligação covalente, os autores fazem um questionamento sobre a interação do núcleo e do elétron para formar o agregado estável.

No final do capítulo, os autores propuseram uma atividade em grupo bem interessante sobre os aceleradores de partículas. Essa atividade foi dividida em duas partes: a primeira com perguntas para a serem pesquisadas pelo grupo; e a segunda parte para fazer uma entrevista com pessoas de sua comunidade. Depois, eles sugerem que os alunos filmem e apresentem todo o material coletado como uma simulação de um programa jornalístico. Aqui, com essa ideia, o professor pode usar alguma metodologia ativa de ensino por investigação ou até da problematização para incrementar o estudo da Química Quântica,

fazendo com que os alunos trabalhem em grupos para uma melhor interação social e compartilhamento do conhecimento.

(Livro F) SANTOS e MÓL: Química Cidadã

O livro F no capítulo 4 inicia-se com a evolução histórica do átomo começando com os pensamentos dos gregos e, em um pequeno rodapé ao lado, temos a apresentação das partículas.

No modelo de Thomson, temos a figura no rodapé do livro do bolo inglês chamado de pudim de ameixas, mas que se assemelha mais a um panetone. Os autores também inserem sobre a limitação no modelo de Dalton e começam a abordar a natureza elétrica da partícula, falando sobre os tipos de carga elétrica com os experimentos de Faraday com eletrólise, Stoney e Kekulé e, por fim, com os raios catódicos de Crooks. Vemos as diversas contribuições sobre as cargas elétricas em diversas partes do planeta, começando com Zeeman e Lorentz, com os experimentos de espectroscopia, abrindo o campo para que Thomson comparasse e avaliasse os valores dos experimentos nos raios catódicos, juntamente com as ideias de Proust para propor seu modelo. No final dessa parte sobre o modelo de Thomson, os autores enfatizam que o “pudim de ameixas” foi popularizado nos livros didáticos e que nada se assemelha com o nosso pudim de ameixas. Se os autores concordam com a dificuldade de assimilação por parte dos alunos, então qual seria o porquê de continuar repassando esse tipo de informação que nada ajudará?

No ponto das analogias, os autores inserem uma imagem do sistema planetário e questionam se as estruturas do átomo são como foram representadas da figura. Bom, obstáculos epistemológicos podem estar sendo criados neste momento ao aluno, se o professor não fizer uma intervenção na sua explicação. Na radioatividade, o átomo é mostrado historicamente como surgiram os Raios X com Röntgen e as relações que o Becquerel fez em seguida, avançando com as pesquisas de Marie Curie e seu marido com elementos rádio e polônio. Os estudos de Nagaoka surgiram em crítica ao modelo de Aepinus de Kelvin, onde os elétrons se movimentam livremente numa esfera carregada positivamente, os autores não apontam o porquê do modelo de Nagaoka não ter ido para frente e o de Rutherford sim.

O esquema do experimento de Rutherford com seus alunos Geiger e Marsden é apresentado no livro como espalhamento da radiação alfa.

Voltando a parte das analogias, é curioso o alerta dos autores sobre seu uso e deixa no ar a dúvida para o professor se seria necessário esse tipo de analogia para um o modelo. Ainda é posto como atômico planetário para reforçar a ideia, para o aluno, da comparação com o sistema solar.

Em “O átomo e suas partículas”, finalmente vemos a menção às outras partículas que compõem o núcleo atômico. Bem interessante o fato de o livro F fazer a menção a César Lattes na descoberta do méson π com a equipe formada por Powell e Occhialini. Temos

como exemplo os três isótopos de oxigênio, onde os autores destacam a diferença entre eles.

Com o modelo de Bohr, os autores abordam o modelo quântico, que foi uma grande revolução tecnológica do século XX e que abriu também incentivos para desenvolvimento da computação. O uso na medicina com o espectrômetro para identificar e medir os níveis de drogas no sangue de pessoas tratadas com anticancerígenos é citado para mostrar ao aluno como podemos utilizar desse conhecimento em prol da saúde dos indivíduos na sociedade. Nesse ponto, o professor pode abordar a química computacional e as pesquisas no campo da Química Quântica que é seu foco de estudo.

Para abordagem do modelo atômico, os autores fazem um questionamento sobre o porquê de diferentes átomos emitirem diversos espectros luminosos. Assim é posto que Bohr propõe o novo modelo através do espectro de hidrogênio para explicar o fenômeno. Os autores também falam da representação do modelo de Bohr não corresponder ao movimento correto dos elétrons, pois eles não giram em torno de uma órbita.

Mais à frente, no capítulo 5, os autores abordam um assunto bastante interessante, que não foi observado nos livros anteriores, que é a nucleossíntese dos elementos químicos artificiais com a abordagem da teoria do Big Bang. O professor nesse ponto pode introduzir algumas palavras-chaves da Química Quântica e reações de fusão de átomos.

Depois temos uma abordagem sobre os aceleradores de partículas. Os autores explicam o objetivo de um acelerador de partículas no incentivo à pesquisa no campo. Também é apresentada uma figura do acelerador no CERN mostrando seu local, a dimensão total do acelerador e o resultado dos estudos envolvidos. Os elementos artificiais também são mencionados como netúnio, plutônio e é mostrado como essa síntese artificial de átomos acontece na medicina nuclear com o elemento tecnécio. Com a desintegração do átomo de um elemento químico se produz um núcleo diferente do original. Os autores dão como exemplo o urânio, que, ao se desintegrar, emite uma partícula α e se transforma em Tório-234.

Nas descobertas ou criações de novos elementos, os autores informam como é feito o reconhecimento, que precisa ser aprovado pela IUPAC. É falado sobre os últimos elementos descobertos até o ano de 2016 e citam as descobertas simultâneas dos cientistas ao longo do planeta.

A configuração eletrônica (de acordo com o modelo de Bohr) é dada no assunto das propriedades periódicas, porém o diagrama de energia não nos é apresentado.

Na regra do octeto, presente no capítulo 6 com o tema de ligações químicas, temos todo um desenvolvimento histórico do assunto através de Kossel, Lewis e Langmuir. Os autores colocam a limitação do modelo em relação à estabilidade dos átomos e que, a regularidade observada na regra do octeto, na realidade não era uma regra geral, mas sim uma exceção. Ficando evidente com Barlett, quando sintetizou o hexacloroplatinato de xenônio (XePtF_6). Seguindo no capítulo, chegamos à teoria da repulsão dos pares de elétrons com Gillespie e Sydney, dando a relação dessa repulsão dos elétrons na camada de valência para prever a geometria molecular. Em se tratando dos polos formados pelas moléculas,

aqui temos a citação de Linus Pauling no estudo da eletronegatividade, porém os autores só mencionaram esse campo.

LIVRO PARADIÁTICO

GILMORE - Alice no país do Quantum: A física quântica ao alcance de todos

Com o livro paradidático, temos outra oportunidade de poder passar o conteúdo aos alunos através da leitura individual e da discussão dos fatos na sala de aula pós-leitura. A escolha feita pelo livro analisado foi por ter a maior relevância entre os demais livros paradidáticos com essa temática, e a presença da mecânica quântica nele. Esse livro não é diretamente voltado para Química Quântica, mas aborda a Mecânica Quântica que é o cerne de tudo isso.

É de se admirar que nesse livro paradidático o autor consiga abordar tantos conteúdos específicos da área da Mecânica Quântica com seus personagens, de uma forma instigante ao leitor que busca um maior conhecimento desta área. E sua utilização pode vir de diversas maneiras: o professor pode utilizar para melhorar a leitura do aluno individualmente, discussões sobre o assunto do livro em sala de aula para uma maior interação social entre os alunos e o uso de metodologias ativas através do livro. Como dito anteriormente, o livro não é voltado para a química diretamente, mas os estudos da Mecânica Quântica ultrapassam barreiras das disciplinas com as quais lidamos. A própria BNCC trata dessa mudança de paradigma nas disciplinas e propõe uma maior coesão entre os conteúdos a serem lecionados entre a química e a física, por exemplo. Além do que foi apresentado de conteúdo nas citações anteriores, o livro aborda também a criação das partículas, as partículas glúons e suas cores, as antipartículas, a interação fraca, o Princípio de Exclusão de Pauli no comportamento dos bósons (com o exemplo do cotidiano dos lasers) entre muitos outros.

RECURSOS DIDÁTICOS

The Quantum World

A Universidade de Harvard possui um curso online grátis com duração entre 3 e 5 horas por semana chamado *The Quantum World*, disponibilizado apenas na língua inglesa. Esse curso é uma introdução à química quântica: a aplicação da teoria quântica a átomos, moléculas e materiais. É enfatizado que o curso é voltado para os professores de Química, que buscam um material extra ao lado de um curso universitário de graduação, em uma instituição que não oferece cursos de Química Quântica. É ideal para aquele professor que não teve em seu curso de formação esse estudo.

LearnChemistry

No *site LearnChemistry*, pertencente ao Royal Society of Chemistry, na opção de busca do termo quantum encontramos 33 resultados. Dentre eles, temos artigos da área de Química Quântica que falam sobre Linus Pauling e Charles Coulson, assim como o uso de metodologias ativas, por exemplo, com o título de “Interfaces Químicas: A Nano Fronteira” com o uso da aprendizagem baseada em problemas. O *Site* está disponibilizado apenas na língua inglesa também.

PSSC

Dentro do *site* Ciência da Mão da USP, temos o projeto PSSC - Comitê de Estudo de Ciências Físicas, que é um projeto de ensino de Física desenvolvido na década de 1950 pelo MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e posteriormente trazido ao Brasil em 1962. São arquivos no formato em .pdf para serem baixados e são divididos por títulos desde A Lei de Coulomb e a Carga Elétrica Elementar até Sistemas Quânticos e a Estrutura dos Átomos. Apesar de o *site* ser voltado para o ensino de Física, o professor de Química poderá muito bem adaptar e incrementar os assuntos da Química dentro de sala de aula.

SBQ

No *site* da SBQ – Sociedade Brasileira de Química, na opção de busca, encontramos apenas 4 itens que são notícias do *site*, sendo que apenas uma fala sobre a Química Quântica. A matéria é sobre o professor Peter Gill, da Universidade Nacional da Austrália, que tem feito expressivas contribuições à Química Quântica e que foi um dos destaques do Simpósio de Química Teórica e Computacional do 46º Congresso Mundial de Química realizado em São Paulo. Esperava-se que houvesse uma contribuição maior pela SBQ em relação à Química Quântica, porém, infelizmente, não se achou muita coisa além do que foi apresentado.

CBPF

O CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - possui um programa acadêmico e profissional na pós-graduação com ementas de disciplinas de Mecânica Quântica, física de partículas elementares, teoria quântica de campos e fóton em novos cenários. Um material sobre a Introdução à Física de Partículas por Gilvan Alves é disponibilizado em arquivo .pdf, dividido em parte I e II. Possui também o Laboratório Didático e dispõe de equipamentos para a realização de vários experimentos com visitas às escolas públicas de ensino médio, com experimentos com elevado teor de interatividade, aliado à importância histórica, e organizam programas de capacitação continuada de professores de ensino fundamental e médio.

PhET

O *PhET* é um projeto da Universidade do Colorado que detém simulações interativas no campo da Física, Química, Biologia e Matemática. Nas simulações de Química, temos: Decaimento alfa e beta, Espalhamento de Rutherford, Estados Quânticos Ligados, Fissão

Nuclear, Lasers, e Interferência Quântica. As simulações são para serem baixadas e a maioria possui a disponibilidade na língua portuguesa.

CERN

O CERN - Centro Europeu para Pesquisa Nuclear – é um laboratório europeu de aceleração de partículas com a missão de ajudar a descobrir do que o universo é feito e como funciona, também fazem a contribuição na sociedade na melhoria da tecnologia médica, no setor aeroespacial, no patrimônio cultural através da restauração de arte, dentre outros. Os programas de educação e extensão do CERN abrangem todas as idades, desde estudantes do ensino médio até estudantes universitários. O laboratório também administra programas residenciais para professores do ensino médio de todo o mundo e um programa de verão para estudantes de graduação. O *site* com os conteúdos da quântica e o curso presencial são disponibilizados apenas na língua inglesa.

Ciência Hoje

No *site* Ciência Hoje, que é uma revista voltada à divulgação científica no Brasil, o campo de busca quando inserimos a palavra-chave Química Quântica surgem 622 resultados, porém nem todos são precisos sobre a palavra-chave inserida. A última matéria sobre a área trata da Física e da Química rondando o prêmio Nobel lá em 2013. As outras matérias abordam a Física e Biologia na quântica, que seria um ótimo material para abordar com os alunos sobre interdisciplinaridade. Em se tratando de matérias mais atuais, o *site* Ciência Hoje, no campo da busca, não nos apresenta algo mais pertinente.

Virtual Lab

O *Virtual Lab* é um *software* que simula um laboratório, nele temos a opção de uma bancada de Química Quântica que o objetivo é permitir que os alunos explorem e entendam melhor os experimentos que levaram ao desenvolvimento da Química Quântica. O professor pode usar esse recurso que é extremamente útil, pois dificilmente conseguiremos uma escola que possua um laboratório apropriado para esses tipos de experiências.

Sirius

O Sirius é o mais novo projeto brasileiro executado pelo LNLS - Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, que tem como objetivo investigar a composição de diversos materiais. Com instalações abertas, o LNLS recebe anualmente cerca de 1.200 pesquisadores brasileiros e estrangeiros, comprometidos com mais de 400 estudos que resultam em aproximadamente 200 artigos publicados em periódicos científicos que podem ser conferidos no próprio *site*. Possuem uma agenda para workshop, eventos científicos, bolsas de estudos de verão para estudantes e visitas técnicas para apresentação de alguns laboratórios.

Periodic Table Explorer

A *Periodic Table Explorer* é um *software* para computador e aplicativo para celular que conta com toda e qualquer informação acerca dos elementos químicos em seus mais importantes aspectos. O professor pode utilizar esse recurso para aproximar os alunos do uso da tecnologia a favor do próprio ensino. O *Periodic Table Explorer* está disponibilizado apenas em Inglês.

Casa da Ciência

No *site* Casa da Ciência do Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ, temos uma visita virtual da casa de ciências sobre energia nuclear que aconteceu como exposição itinerante de 26 de março a 18 de julho de 2010 em parceria com a CNEM. Nessa visita virtual, temos assuntos que o professor pode abordar como: o uso da radiação na medicina, uso da radiação na indústria, fissão nuclear, acidentes nucleares e combustível nuclear.

Cidade do Átomo

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

Origens da Mecânica Quântica

No *site* Origens da Mecânica Quântica, pertencente à UNICAMP, temos um material de fácil acesso ao professor sobre a quantização da energia, quantum de energia, efeito fotoelétrico, entre outros. O professor pode utilizar o recurso digital já posto no *site* sobre a nuvem de palavras e adaptar para uma compreensão mais acessível aos alunos.

Eletronuclear

O centro de visitação está fechado para obras de modernização e de renovação do seu conteúdo expositivo, com previsão de retorno para o primeiro semestre de 2019. No *site*, temos artigos e estudos sobre as usinas de Angra I, II e III, assim como toda a parte da responsabilidade socioambiental que envolve o entorno das usinas e o conhecimento sobre a radioatividade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa, conseguimos verificar a presença da Química Quântica nos livros didáticos, alguns com boa abordagem e em outros com abordagem sucinta. Poucos erros conceituais foram observados nessa análise. Por ser restrito o assunto no livro, a chance de ter um erro conceitual conseqüentemente é menor. A explicação plausível para esse fato

talvez tenha sido também uma revisão mais rígida e adequada do conteúdo por parte dos autores. De modo geral, a importância da Química Quântica varia de um livro para o outro, mas acaba sendo transmitida de formas distintas. Porém, o professor de Química poderá usar os pontos apresentados no livro como gancho para um aprendizado maior e mais atual da Química com o auxílio de outros recursos didáticos.

Já o livro paradidático é o que apresenta maior conteúdo como material físico do assunto da Química Quântica. O livro aborda assuntos além dos previstos no PCN+, transmite o conteúdo através de analogias e possui explicações um pouco mais detalhadas do que as encontradas nos livros didáticos. Recomenda-se o seu uso concomitantemente ao livro didático para uma melhor experiência de conhecimento do aluno e do professor.

Os recursos didáticos apresentados são um complemento do conteúdo já dado pelo professor ou podem servir de forma introdutória a Química Quântica. O professor tem as opções de *sites* interativos, *software* que simula laboratórios e as visitas técnicas. Algumas instituições também promovem a atualização do professor de forma gratuita ou não para esse ramo da Química. A atualização se dá através de cursos ou programas de pós-graduação.

Por fim, é importante enfatizar também que o curso de formação inicial do professor de Química deve estar atento a buscar e promover capacitações na área de Química Quântica, pois, sem esse contato do futuro professor dentro na universidade, será muito difícil que ele consiga passar o conteúdo de forma segura para o aluno do ensino médio.

REFERÊNCIAS

ARROIO, A; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; SILVA, A. B. F. O ensino de química quântica e o computador na perspectiva de projetos. **Quim. Nova**, v. 28, n. 2, 360-363, 2005.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, L. **L'Analyse de Conremt**. Presses Univcrsitaires de France, 1977.

BORGES, I. Resenha do Livro "Neither Physics nor Chemistry: a History of Quantum Chemistry". **Rev. Virtual Quim.** V. 4, n. 2, p. 193-194, 2012.

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio aos Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCN+)**. Ministério da Educação e Cultura, 2006.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (PCNEM)**. Ministério da Educação e Cultura, 2002.

_____. **Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)**. Ministério da Educação e Cultura, 2018.

_____. **Referencial para as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN dos Cursos de Graduação.** Conselho Nacional de educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES), n. 67/2003.

CAREGNATO, R. C. A.; MUTTI, R. **Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo.** Texto Contexto Enferm, Florianópolis, Out-Dez, 2006.

CASA DA CIÊNCIA. **Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ.** Disponível em: <www.casadaciencia.ufrj.br/>. Acesso em: 11 mai. 2019.

CASSAB, M.; MARTINS, I. **A escolha do livro didático em questão.** IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Bauru, 2003.

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS. CBPF. Disponível em: <<https://portal.cbpf.br>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

CERN. European Organization for Nuclear Research. Disponível em: <<https://home.cern>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

CIDADE DO ÁTOMO. IQ UFRGS. Disponível em: <www.iq.ufrgs.br/aeq/cidatom.htm>. Acesso em: 11 mai. 2019.

CIÊNCIA HOJE. Revista Ciência Hoje. Disponível em: <cienciahoje.org.br>. Acesso em: 12 mai. 2019.

CISCATO, A. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química.** Editora Moderna, v. 1, 1ª edição, 2016.

CHEMISTRY RESOURCES FOR TEACHERS AND STUDENTS. The Royal Society of Chemistry. Disponível em: <<http://www.rsc.org/learn-chemistry/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

DIAS, J. J. C. T. **Química Quântica: Fundamentos e Métodos.** Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1982.

ELETRONUCLEAR. Eletrobras. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2019.

FAUTH, A. C. **Origens da mecânica quântica.** UNICAMP. Disponível em: <<https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/1OrigensMecanicaQuantica/1Oquantumdeluz/Oquantumdeluz.html>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

GILMORE, R. **Alice no país do Quantum: A física quântica ao alcance de todos.** Editora Zahar, 1998.

GREGOLIN, M. R. V. **A análise do discurso: conceitos e aplicações.** Alfa, São Paulo, 39: 13-21, 1995.

LISBOA, J. C. F. et al. **Ser Protagonista – Química.** Edições SM, v. 1, 3ª edição, 2016.

MARANHÃO, Governo do Estado. **Escola Digna - Plano mais IDEB - programa de fortalecimento do ensino médio – orientações curriculares para o ensino médio: caderno de química**. Secretaria de Estado da Educação. – São Luís, 2017.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da Química: relações entre Filosofia, Psicologia e Ensino de Química. **Quím. Nova**, 20, 1997.

_____.; MACHADO, A. H. **Química**. Editora Scipione, v. 1, 3ª edição. 2016.

NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Vivá – Química**. Editora Positivo, v. 1, 1ª edição, 2016.

NÓVOA, A. **Professores Imagens do futuro presente**. Lisboa, Educa, p. 13, 2009.

OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 29, n. 3, p. 447–454, 2007.

PERIODIC TABLE EXPLORER AND PERIODIC TABLE QUIZ APPLICATIONS. Maximum Octopus. Disponível em: <<http://periodictableexplorer.com/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

PHET. Universidade do Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 12 mai. 2019.

PSSC. USP. Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/tudo/indice.php?midia=pssc>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

REIS, M. **Química**. Editora Ática, v. 1, 2ª edição, 2016.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física- vol. 4**. LTC, 1996.

SANTOS, W.; MÓL, G. et al. **Química Cidadã**. Editora Ajs, v. 1, 3ª edição. 2016.

SILVA, A. L. B. B. **Introdução a Química Quântica**. IFSC/USP, 2003

SILVA; C. S.; OLIVEIRA, L. A. A. **Formação inicial de professores de química: formação específica e pedagógica**. Scielo, 2009.

SIRIUS. LNLS. Disponível em: <<https://www.lnls.cnpem.br/sirius/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. SBQ. Disponível em: <www.s bq.org.br>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SOUZA, A. A.; FARIAS, R. F. **Elementos de Química Quântica**. 2ª ed. Editora Átomo. Campinas, 2011.

VIRTUAL LAB QUÍMICA. Virtual Lab. Disponível em: <<http://virtuallab.pearson.com.br/Laboratorios/Quimica#>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

THE QUANTUM WORLD. Harvard University. Disponível em: <<https://online-learning.harvard.edu/course/quantum-world>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

RESUMO

Nas últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens mais olhares sobre temas relacionados às ciências de uma forma geral, sendo a Química contemporânea totalmente incluída nisso. A análise referente à Química Quântica em livros didáticos, em um livro paradidático e em outros recursos didáticos serão baseados na análise de discurso de Laurence Bardin (1977). Analisaremos os outros recursos que são: *sites*, *software*, cursos de Química Quântica para atualização de professores e visitas técnicas. Com esta pesquisa, conseguimos verificar a presença da Química Quântica em livros didáticos. Alguns casos são bem abordados, outros casos são bem sucintos. Já o livro paradidático é o que apresenta maior conteúdo como material físico do assunto da Química Quântica. É importante enfatizar também que o curso de formação de inicial do professor de Química também deve buscar e promover cursos da área de Química Quântica.

RESUMEN

En las últimas décadas los avances científicos y tecnológicos han despertado en los jóvenes más miradas sobre temas relacionados a las ciencias de una forma general, siendo la química contemporánea totalmente incluida en ello. El análisis referente a la Química cuántica en libros didáticos, en un libro paradidático y en otros recursos didáticos se basarán en el análisis de discurso de Laurence Bardin (1977). Analizamos los otros recursos didáticos que son: sitios, software, cursos de Química Cuántica para actualización de profesores y visitas técnicas. Con esta investigación conseguimos verificar la presencia de la Química cuántica en los libros didáticos, algunos casos son bien abordados y en otros casos son bien sucintos. El libro paradidático es el que presenta mayor contenido como material físico del asunto de la Química Quántica. Es importante enfatizar también que el curso de formación inicial del profesor de química también debe estar atento a buscar y promover cursos del área de Química Quántica.