

## ANÁLISE CRÍTICA ACERCA DAS PUBLICAÇÕES E ASPECTOS CRÍTICOS DA LUDICIDADE NO ENSINO DE ORBITAIS EM DISCIPLINAS DE QUÍMICA NO NÍVEL MÉDIO E SUPERIOR

### CRITICAL ANALYSIS ON PUBLICATIONS AND CRITICAL ASPECTS OF LUDICITY IN THE TEACHING OF ORBITALS IN CHEMISTRY SUBJECTS AT HIGHSCHOOL AND GRADUATIONS COURSES

Erica de Melo Azevedo<sup>1</sup> 

#### Resumo

O tema orbitais é abordado em todos os cursos de graduação em química, estando presente nas disciplinas de Química Geral, Química Inorgânica, Química quântica entre outras. Alguns trabalhos têm realizado uma abordagem do ensino de orbitais a nível básico ou no que diz respeito à aplicação deste tema em estudos científicos a nível molecular. Outros autores têm defendido o argumento de que é necessário o ensino do conceito correto de orbitais nas séries iniciais, de forma a evitar que sejam transmitidos conceitos incompletos e incorretos para a explicação dos conceitos de química, sendo pedagogicamente e cientificamente incorreto o ensino de teorias ultrapassadas. O trabalho foi dividido em duas etapas: na primeira etapa foram realizadas buscas de artigos e trabalhos acadêmicos e de congresso em revistas Nacionais e Internacionais disponíveis em bases de dados importantes. Na sequência foi feita a separação dos artigos identificados como pertencentes ao tema “Ensino de orbitais em química” e a elaboração de um texto apresentando os principais aspectos abordados nos trabalhos sobre o tema. A plataforma Google Scholar foi a plataforma que retomou o maior número de resultados, mas devido à grande quantidade de publicações retomadas, não foi possível avaliar a sua totalidade. Na segunda parte foi feita uma análise de livros didáticos de Química de nível médio e de graduação. É possível observar que ainda são utilizados conceitos equivocados por parte dos discentes e dos livros didáticos para os conceitos de orbital em diferentes níveis de ensino. Apesar dessas falhas é importante desmistificar o ensino do tema em séries iniciais e nos primeiros anos de Graduação a partir da abordagem de forma mista: utilizando-se aspectos clássicos, mas não errôneos, e aspectos matemáticos/computacionais como ferramentas para a correção desses erros.

**Palavras-chave:** ensino de orbitais, análise de livros didáticos; ludicidade.

#### Abstract

The orbital theme is addressed in all undergraduate courses in chemistry, being present in the disciplines of General Chemistry, Inorganic Chemistry, Quantum Chemistry, among others. Some works have carried out an approach to teaching orbitals at highschool level or with regard to the application of this theme in scientific studies at a molecular level. Other authors have defended the argument that it is necessary to teach the correct concept of orbitals in the early grades, in order to avoid transmitting incomplete and incorrect concepts for the explanation of chemistry concepts, being pedagogically and scientifically incorrect the teaching of outdated theories. The work was divided into two stages: in the first stage, searches were carried out for articles and academic and congress papers in National and International journals available in important databases. Next, the articles identified as belonging to the topic “Teaching orbitals in chemistry” were separated and a text was prepared presenting the main aspects addressed in the works on the subject. The Google Scholar platform was the platform that retrieved the highest number of results, but due to the large number of publications retrieved, it was not possible to evaluate their entirety. In the second stage an analysis of high school and undergraduate Chemistry textbooks was carried out. It is possible to observe that mistaken concepts are still used by students and textbooks for the orbital concepts at different levels of education. Despite these flaws, it is important to demystify the teaching of the subject in the initial grades and in the first years of Undergraduate studies, based on a mixed approach: using classical aspects, but not erroneous ones, and mathematical/computational aspects as tools to correct these errors.

**Keywords:** teaching of orbitals, textbook analysis; playfulness.

---

<sup>1</sup> Instituto Federal do Rio de Janeiro

## Introdução

O tema orbitais é abordado em todos os cursos de graduação em química, estando presente nas disciplinas de Química Geral, Química Inorgânica, Química quântica, entre outras. Alguns trabalhos têm realizado uma abordagem do ensino de orbitais a nível básico ou no que diz respeito a aplicação deste tema em estudos científicos a nível molecular. Segundo Bent (1984) o químico Linus Pauling era contra o ensino de orbitais no ensino de química em níveis iniciais. Outros autores têm defendido o argumento de que é necessário o ensino do conceito correto de orbitais nas séries iniciais, de forma a evitar que sejam transmitidos conceitos incompletos e incorretos para a explicação dos conceitos de química, sendo pedagogicamente e cientificamente incorreto o ensino de teorias ultrapassadas (TSARPALIS, 1997). Segundo Berry (1986) o conceito de orbital é bastante abstrato e complexo para ser compreendido por estudantes de séries iniciais em química. No entanto, pouco tem sido discutido sobre a abordagem dos orbitais em cursos de graduação em química, em particular os cursos de Licenciatura e bacharelado em Química. As falhas nos métodos de ensino de orbitais nos cursos de graduação podem levar a formação de profissionais despreparados para ensinar esses temas em outros cursos de graduação ou em séries iniciais. Ogilvie (1990) sugere que os orbitais de fato, não existem, sendo apenas teorias e modelos que não se aproximam da realidade. Mulliken foi quem criou o termo 'orbital', que aparece pela primeira vez em um trabalho de 1932. Nesse trabalho, o termo é descrito como uma abreviação da função de onda-orbital para um elétron. No entanto, a ideia de orbital já havia sido abordada, mas não com um nome propriamente dito, por Niels Bohr, em 1913. Mulliken (1967) define orbital de maneira mais ampla e afirma que orbital seria uma solução para uma equação de autovalor ou uma autofunção de um orbital para um elétron.

As formas de ensino e aprendizagem estão em constante mudança. A popularização da ciência e o acesso aos conhecimentos científicos é muito diverso em todo o mundo e pode se mostrar como um reflexo das formas de acesso e das políticas públicas para o fomento da educação. Tendo em vista essa diversidade, a ampliação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e do ensino a distância, o livro didático pode se apresentar, muitas vezes, como a principal, ou a única fonte para estudantes e professores (BARRETO & MONTEIRO, 2008; ROJO & BATISTA, 2003; PENHA & MACIEL, 2020).

O livro didático pode assumir um papel ainda mais importante na formação do professor, uma vez que aparece como uma forma segura de se ensinar. Ainda que se busquem concepções mais criativas a partir de metodologias ativas, por exemplo, a utilização de uma referência é importante para a formação docente com qualidade e deve ser priorizada (BARRETO & MONTEIRO, 2008; LOPES & VASCONCENLOS, 2012). Segundo Garrido (2008), a avaliação

de livros didáticos de Ensino Médio só começou em 2008, a partir do crescimento do Plano Nacional do Livro e Material didático (PNLD).

A partir da apresentação do conceito de orbital presente em estudos clássicos, é importante destacar que nos livros didáticos de ensino médio o orbital é definido de forma equivocada como a região de maior probabilidade de encontrar o elétron. Esse conceito deriva do princípio da incerteza, que será abordado na sequência (USBERCO & SALVADOR, 2007).

O objetivo do presente trabalho é apresentar uma breve discussão acerca do ensino de orbitais em cursos de graduação e dos aspectos excessivamente lúdico do ensino deste tema neste nível de ensino.

## **Metodologia**

O trabalho foi dividido em duas etapas: na primeira etapa foram realizadas buscas de artigos e trabalhos acadêmicos e de congresso em revistas Nacionais e Internacionais disponíveis no Portal Capes, Science Direct, Portal Scielo e Google Scholar.

### *Primeira parte*

A pesquisa sobre o estado da arte realizada foi do tipo qualitativa, uma vez que realizou-se uma pesquisa acerca das publicações sobre o tema a partir da avaliação da quantidade de publicações sobre o tema, mas sem detalhar se aprofundar nos conteúdos dos trabalhos encontrados. Essa pesquisa prévia teve como objetivo servir de suporte para a elaboração do formulário diagnóstico que foi aplicado e que será detalhado a seguir.

Na sequência foi feita a separação dos artigos identificados como pertencentes ao tema “Ensino de orbitais em química”. Essa identificação foi feita inicialmente a partir do título e os trabalhos selecionados foram separados para a leitura dos resumos e partir disso foi possível selecionar aqueles que estavam relacionados com estudos sobre a interpretação dos conceitos de orbital, avaliação dos tipos de conceitos disponíveis na literatura e argumentos que tratam do ensino não-lúdico de orbitais em diferentes níveis de ensino.

### *Segunda parte*

As categorias e critérios para análise de livros didáticos são definidas a partir de aspectos teóricos, metodológicos, pedagógicos e visuais (BANDEIRA, STANGE, SANTOS, 2012). O objetivo deste trabalho foi avaliar apenas aspectos teóricos, metodológicos e visuais nos livros de Ensino Médio. Nos livros de graduação não há uma sistematização para análise das obras.

Na segunda etapa foram avaliados livros de química de Ensino Médio e de graduação. Foram analisadas a abordagem do conceito de orbitais em livros de Química Geral, Química Inorgânica e Química Orgânica. A pesquisa foi do tipo qualitativa e a abordagem metodológica foi

documental. Neste tipo de abordagem utiliza-se informações disponíveis em documentos para análise (OLIVEIRA, 2007; LUDKE, ANDRÉ, 2014).

As categorias comumente avaliadas nos livros didáticos são a) conteúdos: aspectos teórico-metodológicos; b) recursos visuais; c) atividades: aspectos pedagógico- metodológicos e d) avaliação. Não há um padrão no uso de aspectos semânticos e escalas a serem utilizados na avaliação, mas é comumente empregado os adjetivos “ruim”, “regular”, “bom” e “ótimo” (CUNHA, REZENDE, SARAIVA, 2017; BANDEIRA, STANGE, SANTOS, 2012).

## **Resultados e Discussão**

### ***Primeira Parte***

Ao colocar no portal *Science Direct* a expressão “teaching of orbitals in chemistry” foram retomados 2340 resultados, dos quais quase todos tratavam de trabalhos publicados utilizando teoria de orbitais moleculares para cálculos de energia, modelagem de dados espectroscópicos, desenvolvimento de softwares para visualização dos modelos de orbitais e cálculos de energia. Apenas dois trabalhos abordavam aspectos do ensino de orbitais em química.

Utilizando o mesmo termo na busca no Portal Capes foram retomados 829 trabalhos. A busca no Portal Scielo retomou 4 trabalhos, mas nenhum deles relacionado a interpretação do conceito de orbitais no ensino de química. Como o portal Scielo apresenta quantidade significativa de trabalhos em língua portuguesa e espanhola, foi realizada uma busca em língua portuguesa utilizando a expressão “ensino de orbitais em química”. A partir dessa busca foram retomados dois trabalhos, sendo um deles sobre o tema pesquisado.

A busca na plataforma Google Scholar retomou 31700 publicações, tendo sido consultados aproximadamente 400 publicações, das quais 30 tratavam do assunto pesquisado.

Os principais temas abordados nos trabalhos identificados como pertencentes ao tema pesquisado podem ser classificados em 3 grupos: estudos investigativos acerca da aprendizagem de discentes sobre o conceito de orbitais, estudo crítico sobre aspectos da abordagem do tema orbitais em níveis básico e de graduação e propostas de metodologias ativas para ensino de orbitais adotando uma abordagem matemática, computacional, clássica ou mista.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa bibliográfica é possível observar que o Google Acadêmico se mostra como uma ferramenta abrangente para a pesquisa sobre o tema, mas devido ao grande de trabalhos retomados a seleção dos trabalhos relevantes e diretamente relacionada ao tema pode se tornar dificultosa. O Portal Scielo e o Science Direct não apresentaram quantidade relevante de trabalhos sobre o tema, enquanto o Portal Capes apresenta-se como uma ferramenta

importante de busca sobre o tema, apesar da quantidade de trabalhos disponíveis ter sido significativamente menor em comparação ao Google Scholar.

## ***Segunda parte***

### **Perfil do livro didático das áreas de química**

O ensino de química tem apresentado mudanças em relação aos conteúdos abordados. O tema orbitais, que antes era abordado nos livros didáticos mais populares do país, não têm sido abordados em obras mais recentes (CISCATO *et al*, 2019; FONSECA, 2013, MENDONÇA, 2020; GODOY, AGNOLO, MELO, 2020; FUKUI, MOLINA, OLIVEIRA, 2020).

De maneira geral, os livros de ensino médio de química têm abordado os conceitos de números quânticos, adotado o princípio de que este conteúdo é avançado e que, portanto, deve ser abordado apenas nos cursos de graduação. Como os conceitos de números quânticos estão muito associados aos conceitos de distribuição eletrônica em subníveis, torna-se uma incongruência apresentar conceitos que não foram abordados (CISCATO *et al*, 2019; FONSECA, 2013). Outras obras optam por apresentar apenas a distribuição em níveis, mas sem justificar os números máximos de elétrons em cada nível de energia. O comportamento aparentemente anômalo de muitos elementos é descrito como exceção. Com a implementação do Plano Nacional do Livro e Material Didático 2021 (PNLD), que seguirá as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a implementação do Novo Ensino Médio, a tendência é que o ensino desses conceitos se torne mais resumida e menos contextualizada (BRASIL, 2021). É possível livros didáticos do eixo formativo de Ciências da Natureza e suas tecnologias, que seguem a proposta da BNCC, o tema distribuição eletrônica não é sequer apresentado (MENDONÇA, 2020; FUKUI, MOLINA, OLIVEIRA, 2020). Em outras, obras, no entanto, o tema é apresentado utilizando estratégia semelhante àquelas dos livros didáticos mais antigos. Os subníveis são apresentados, mas sem abordar números quânticos e orbitais e sem explicar seu significado (GODOY; AGNOLO; MELO, 2020).

Os autores não defendem o ensino do tema em questão no Ensino Médio, mas questionam sua importância para a compreensão dos conceitos que ainda são contemplados em praticamente todos os livros didáticos, como modelos atômicos, distribuição eletrônica e tabela periódica.

No contexto dos livros de graduação a estratégia adotada para apresentar o conceito é uma abordagem inicial e superficial dos modelos atômicos, e, em um segundo momento, é feita a apresentação dos conceitos de dualidade onda-partícula, distribuição eletrônica em subníveis e orbitais. Apesar de essa ser uma estratégia interessante, livros consagrados da área trazem conceitos

errôneos, como se observa no trecho a seguir, retirado da obra *Química Geral e Reações químicas* (KOTZ *et al*, 2016):

No modelo de Bohr para o átomo de H, o elétron está confinado em um caminho prescrito em torno do núcleo, sua órbita, assim devemos ser capazes de definir sua posição e sua energia em um determinado momento no tempo. Na visão moderna, o termo usado é orbital. Conhecemos a energia do elétron, mas apenas a região do espaço dentro da qual ele provavelmente esteja localizado.

Nesse trecho são observados dois erros de conceito: o primeiro é associar órbita e orbital como sinônimos, sendo o segundo apresentado, de acordo com os autores, como o conceito moderno do primeiro. O outro erro é definir orbital como a região do espaço na qual o elétron está localizado. Em outra obra de referência o conceito de orbital é definido de maneira correta, como nesse trecho da obra *Princípios de Química* (ATKINS; JONES, 2006):













As funções de onda de elétrons em átomos são chamadas orbitais atômicos. O nome foi escolhido para sugerir alguma coisa menos definida do que uma “órbita” de um elétron em torno do núcleo e também para considerar a natureza de onda do elétron.

Em outra obra de referência utilizada em cursos de graduação o conceito correto de orbital é apresentado, como destacado no trecho a seguir (BROWN *et al*, 2012): “The solution to Schrödinger’s equation for the hydrogen atom yields a set of wave functions called orbitals.”

Em outro trecho da mesma obra é destacada a diferença entre órbita e orbital: “Note that an orbital (quantum mechanical model, which describes electrons in terms of probabilities, visualized as “electron clouds”) is not the same as an orbit.”.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados da análise dos livros didáticos. Na metodologia foi utilizada uma escala crescente de 1 a 5, onde 1 é ruim e 5, excelente.

**Tabela 1-** Análise dos livros didáticos de Ensino Médio.










Obra	Conteúdo	Recursos visuais	Aspectos teórico-metodológicos
USBERCO & SALVADOR, 2007			
CISCATO <i>et al</i> , 2019			
FONSECA, 2013			
GODOY, AGNOLO, MELO, 2020			
MENDONÇA, 2020	Não há	Não se aplica	Não se aplica

FUKUI, MOLINA,  
OLIVEIRA, 2020



Fonte: autoria própria.

**Tabela 2-** Análise dos livros didáticos de graduação.

Obra	Conteúdo	Recursos visuais	Aspectos teórico- metodológicos
KOTZ <i>et al</i> , 2016			
ATKINS; JONES, 2006			
BROWN <i>et al</i> , 2012			

Fonte: autoria própria.

### Uma desmistificação acerca do conceito de orbital

A definição de orbital nos livros didáticos de nível médio de química deriva do Princípio da Incerteza. Para relacionar esses assuntos serão apresentados os conceitos desenvolvidos no início do século XX e que culminaram na mecânica quântica clássica.

Um conhecimento prático do princípio da incerteza requer uma consciência de certas dificuldades na visualização de fenômenos quânticos elementares. O comportamento quântico é inexplicável do ponto de vista da experiência diária. A representação gráfica da grandeza que representa a probabilidade ou função de onda é a letra grega  $\Psi$ . A forma da função de onda pode ser obtida a partir da equação de Schroedinger. Como previsto por Louis de Broglie, o elétron apresenta uma natureza dualística, se comportando como onda e como partícula. Dessa forma, o elétron apresenta massa, que é uma propriedade de partícula, e é capaz de difratar, que é uma propriedade que está relacionada com ondas eletromagnéticas, as quais podem passar por duas fendas ao mesmo tempo. Há uma divergência quanto ao fato da medida de propriedades de partículas individuais ou medidas utilizando uma quantidade significativa de partículas e as diferenças nas interpretações desses modelos de medida (BARTELL, 1985).

Segundo Einstein, as propriedades de interferência não são observadas para partículas individuais, mas apenas para quantidades significativas de elétrons/partículas. Por isso, para realizar experimentos com partículas de forma a obter resultados representativos para estudos de química quântica é necessário realizar um estudo com um grande número de partículas. A distribuição das energias das partículas é representada pelo quadrado da função de onda,  $\Psi^2$  (ATKINS; JONES, 2006).

O princípio da incerteza decorre do fato de que, o instrumento de medida pode promover uma alteração na medida da propriedade da partícula, não sendo possível obter, nesse caso, um valor representativo da propriedade avaliada. Essa interpretação pressupõe que a medida possa ser realizada de forma confiável em uma partícula individual. Em 1927 Heisenberg propôs o Princípio da Incerteza em sua tese de Doutorado. Com o objetivo de provar que não seria possível observar a órbita de um elétron, Heisenberg propôs um experimento baseado no uso de um microscópio de raio gama. Parte-se do pressuposto de que, para observar um objeto utilizando esse tipo de instrumento (nesse caso, o elétron) é necessário iluminá-lo, e a observação do objeto será possível devido ao espalhamento dos fótons após colidirem com o objeto. Esses fótons serão capturados pelas lentes do microscópio e será possível a formação da imagem. Ao colidir com o objeto, ocorre transferência de energia do fóton para a partícula-objeto. A quantidade de energia transferida pelo fóton é expressa pela grandeza física *momentum*, que está relacionada a interação entre sistemas físicos. De maneira semelhante a energia, o *momentum* ( $p$ ) é conservado em sistemas isolados. O momentum transferido para a partícula não pode ser medido porque não é possível medir o ângulo de espalhamento do fóton após a colisão (PAULING; WILSON, 1985). Segundo essa visão do Princípio da Incerteza, esta decorreria de uma limitação na medida dos fenômenos, e não da natureza do fenômeno em si. Segundo Chibeni (2005), essa seria uma visão epistemológica acerca do Princípio da Incerteza.

### **Aspectos matemáticos e complexos dos orbitais**

A ligação entre a teoria e o formalismo matemático da mecânica quântica foi desenvolvido por Max Born, que a partir de seu postulado definiu que a função de onda deve ser interpretada em termos de probabilidade.

Devido a alta complexidade das funções de onda para um orbital, a resolução dessas funções para sistemas moleculares só é possível a partir de aproximações. A aproximação comumente utilizada é chamada de aproximação de Born-Oppenheimer, que separa as funções referentes ao núcleo e as funções referentes aos elétrons, que é chamada fatorização (CHIBENI, 2005).

Lamoureaux e Ogilvie (2019) afirmam que nos livros de graduação de química geral há uma tendência de enfatizar o uso dos conceitos que envolvem orbitais, em detrimento da apresentação de aspectos matemáticos originários deste conceito.



### **Uma crítica ao aspecto essencialmente lúdico ao ensino de orbitais**

A ludicidade pode ser definida como atividades de caráter livre e segundo Luckesi (2000), ludicidade é um estado interno do sujeito que vivencia uma experiência de forma plena, não havendo dissociação entre o pensamento, a ação e o sentimento do indivíduo quanto a experiência com a atividade. A ludicidade não se restringe a realização de jogos didáticos, e por isso ao utilizar este termo o autor não se refere necessariamente ao uso de jogos e atividades semelhantes para o ensino de orbitais em química. Apesar de serem conceitos distintos, a ludicidade é uma ferramenta muito utilizada para ultrapassar as barreiras impostas pela abstração do conceito de orbitais.

As representações visuais têm sido reconhecidas como ferramentas essenciais para a produção de conhecimento e aprendizagem de ciências, em especial de química. O modelo de Kekulé para a interpretação da estrutura do anel benzênico e o modelo da dupla hélice do DNA são exemplos de como as representações são importantes na aceitação e disseminação do conhecimento (RAMADAS, 2009; GILBERT, 2008). A busca pela visualização dos orbitais foi alcançada em 1999, quando foi publicado na revista Nature imagens de orbitais de um cristal do supercondutor óxido de Cobre I ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). A observação do formato dos orbitais permitiu a confirmação de seus formatos classicamente representados nos livros e a avaliação do tipo de interação entre os átomos de cobre e oxigênio que constituem o cristal (ZUO *et al*, 1999).

No ensino de outros temas em química em diferentes níveis de ensino, como hibridização, isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos e modelos atômicos a abstração pode ser melhorada com o uso de modelos concretos. No entanto, o conceito de orbitais, que estão diretamente relacionados aos conceitos citados acima não podem ser representados fundamentalmente por modelos.

Tsarpalis e Paphaphotis (2002) realizaram um trabalho acerca do questionamento sobre o ensino de orbitais ensino médio. A interpretação puramente concreta dos orbitais pode levar os estudantes a associarem os mesmos a objetos de natureza realística. Dessa forma, são apresentadas duas propostas para resolver este tipo de limitação: não ensinar o tema em séries iniciais ou ensinar de maneira incompleta e aceitar as falhas na compreensão dos alunos (COLL, TREGUST, 2001; GILLESPIE *et al*, 1996).

Podemos admitir que devido à alta complexidade do assunto, o tema é considerado particularmente complexo para ser abordado em séries iniciais, mas a dificuldade na interpretação se estende a nível de graduação e pós-graduação. Corr e Taylor (2002) realizaram um experimento para avaliar a aprendizagem de estudantes de nível fundamental, médio, graduação e pós-graduação sobre modelos de ligação química. De acordo com os autores, não foram encontradas diferenças

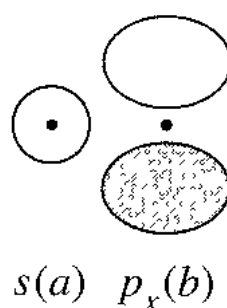
significativas nos aspectos de reconhecimento e aprendizagem dos discentes de diferentes níveis. Em todos os níveis avaliados foi observada a preferência por modelos mais simplificados, como no caso da ligação metálica, onde o modelo de mar de elétrons foi utilizado por quase todos os estudantes, em detrimento da teoria de bandas, que aborda o conceito de orbitais para a ligação metálica. Nakiboglu (2003) realizou um estudo com alunos de graduação que já haviam estudado química geral e inorgânica e avaliou a interpretação dos conceitos de orbital atômico pelos discentes, tendo a maioria respondido que orbital é a região de maior probabilidade de encontrar o elétron ou que o orbital representa a trajetória dos elétrons em volta do núcleo. Essa última resposta mostra uma confusão entre os conceitos de órbita e orbital, decorrentes da interpretação do modelo planetário.

Lima e Silva (2019) realizaram um estudo investigativo a partir de uma metodologia qualitativa para avaliar os modos de conceituar orbital. A pesquisa foi realizada com alunos de cursos de graduação de uma Universidade Brasileira. A partir da pergunta “Se tivesse que explicar para alguém que não conhece um orbital atômico, o que diria?”. Os termos mais utilizados foram “região”, “local” e “espaço”. Conforme se pode observar há uma confusão na formulação da explicação utilizando conceitos de química e conceitos matemáticos. O conceito matemático seria relacionar que o orbital é a função matemática que define a energia de um único elétron e o significado químico/físico seria que o produto dessa função por ela mesma significa a probabilidade de se encontrar o elétron em uma região em torno do núcleo. Esses equívocos nos conceitos podem ser devido a falhas sistemáticas em livros tradicionais utilizados em cursos de Graduação. No livro de química orgânica dos autores Solomons & Fryhle (2012) encontra-se a seguinte definição para orbital: “*região do espaço onde a probabilidade de se encontrar um elétron é alta*” (SOLOMONS; FRYHLE, 2012, p. 21).

No livro de química inorgânica dos autores Miessler, Fisher e Tarr (2014) os orbitais s e p são representados de forma esférica e na forma de halteres, de forma que a explicação gráfica da não-sobreposição entre ambos é representada como na

Figura 1. A falta de simetria entre os dois tipos de orbital (s e p) é a explicação para não ocorrer a sobreposição entre ambos.

Figura 1- Representação da não interação entre orbitais s e p .



Fonte: MIESSLER; FISHER; TARR, 2014

Apesar da existência de representações de cunho mais quantitativo, como os diagramas de orbitais, não é feita uma correlação correta entre os gráficos e os cálculos, de forma que os orbitais acabam sendo interpretados como objetos que representam a região de maior probabilidade de encontrar o elétron.

Em livros de química orgânica essas representações podem ser ainda mais materializadas, sendo os orbitais de fronteira HOMO e LUMO substituídos pela representação clássica da seta curva. A representação de orbitais de camadas diferentes pode causar a falsa impressão de que apenas os orbitais de fronteira participam das ligações e que os orbitais apresentam uma delimitação espacial. Isso vai contra a natureza do elétron como onda eletromagnética, que é todo o ponto de início a respeito do conceito de orbital. A abordagem essencialmente realística dos orbitais se apresenta como um paradoxo para a proposta da mecânica quântica, que seria abordar o estudo da mecânica de maneira menos objetificada. Utiliza-se os conceitos da mecânica quântica para representar de maneira clássica um orbital, que é algo inimaginável do ponto de vista da mecânica clássica. É possível observar que acaba sendo um equívoco se falar em mecânica quântica sem utilizar seus conceitos e princípios para estudar os orbitais.

### Considerações finais

Na primeira parte do trabalho foram realizadas buscas em Plataformas de Pesquisa Acadêmicas sobre o ensino de orbitais em química. O Google Scholar foi a plataforma que retomou o maior número de resultados, mas devido à grande quantidade de publicações retomadas, não foi possível avaliar a sua totalidade, sendo avaliados cerca de 400 trabalhos e identificados 30 trabalhos sobre o presente tema. Isso não significa que haja pouca publicação sobre o tema, mas apenas que as principais ferramentas de busca podem não estar realizando metodologias de busca adequadas. Para a segunda parte do trabalho o processo de pesquisa foi realizado a partir dos trabalhos selecionados, mas para uma abordagem mais específica do tema, foram incluídos na pesquisa e consulta os trabalhos clássicos sobre o tema.

Para a segunda parte do trabalho é possível observar que ainda são utilizados conceitos equivocados por parte dos discentes e dos livros didáticos para os conceitos de orbital em diferentes níveis de ensino. Os livros de química de nível médio publicados no Brasil mais recentemente não abordam os conceitos de números quânticos. Desse total, algumas das obras não aborda conceitos distribuição eletrônica e, conseqüentemente, orbitais de forma adequada. Em relação aos livros de graduação, os livros de química geral apresentam esses conceitos, mas longe do ideal. Apesar dessas falhas, é importante desmistificar o ensino do tema em séries iniciais e nos primeiros anos de Graduação a partir da abordagem de forma mista: utilizando-se aspectos clássicos, mas não errôneos, e aspectos matemáticos/computacionais como ferramentas para a correção desses erros.

## Referências

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Traduzido por Ricardo Bicca de Alencastro. 3 ed, Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARRADAS-SOLAS, F.; GÓMEZ, Pedro J. Sánchez. Orbitals in chemical education. An analysis through their graphical representations. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 15, n.3, p. 311-319, 2014.

BARRETO, B.C.; MONTEIRO, M.C.G.G. Professor, livro didático e contemporaneidade. Revista Pesquisas em Discurso Pedagógico, Rio de Janeiro, n. 1, p.1-6, 2008. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/11983/11983.PDF>. Acesso em 01/12/2021.

BENT, H. A. Should orbitals be X-rated in beginning chemistry courses? **Journal of Chemical Education**, v. 61, p. 421-423, 1984.

BERRY, K.O. What should we teach them in high school? **Journal of Chemical Education**, v.63, p. 697-698, 1986.

BRASIL. Ministério da Educação: Plano Nacional do Livro didático. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>. Acesso em 03/12/2021.

BRASIL. Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Programa Nacional do Livro didático. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro>. Acesso em 03/12/2021.

BRASIL. Ministério da Educação: Base Nacional Comum curricular. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em 06/12/2021.

BROWN, T.L; LEMAY Jr, H.E.; BURSTEN, B.E.; MURPHY, C.J.; WOODWARD, P.M. **Chemistry the Central Science**. 12 ed. Estados Unidos: Pearson, 2013.

CARMO, C. P.; VEIGA, E. C.F.; CINTRA, R. C. G.; LIMA, S.C. A ludicidade na educação infantil: aprendizagem e desenvolvimento. In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2017, Curitiba. Anais [...] Curitiba: PUCPR, 2017, v.1, p.12901-12912.

CARVALHO, A; SANTOS, Fernanda P.L; SILVA, J.S. Ludicidade e o ensino de química: metodologia interativa entre os alunos de licenciatura em química e os alunos do ensino médio do IFbaiano. XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2010, Brasília. Anais [...] Brasília: UNB, 2010, v.1, p. 1.

CHIBENI, S.S. Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 181-192, 2005.

CISCATO, C.A.M.; PEREIRA, L.F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P.B. Química. São Paulo: Moderna, 2016, v.1.

COLL, R.; TAYLOR, N. Mental models in chemistry: Senior chemistry students' mental models of chemical bonding. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 3, n.2, p.175-184, 2002.

CUNHA, N. C.; REZENDE, J. de L. P.; SARAIVA, I. S. Análise do conteúdo de botânica nos livros didáticos do ensino fundamental. **Argumentos Pró-Educação**, v. 2, n. 6, p. 493 – 513, Set-Dez 2017.

FONSECA, M.R.M. **Química: Ensino Médio**. São Paulo: Ática, 2013.

FUKUI, A.; MOLINA, M.; OLVEIRA, V.S. **Ciências da natureza: energia e transformações: Ensino Médio**. São Paulo: Edições SM, 2020.

GILBERT, John. Visualization: Theory and Practice in Science Education, Models and Modeling in Science Education. In: GILBERT, Jonh; REINER, Mirian; NAKHLEH, Mary (Ed.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education, Models and Modeling in Science Education**. Netherlands: Springer, 2008, p.3-24.

GILLESPIE, Ronald J.; SPENCER, James N.; MOOG, Richard S. Bonding and molecular geometry without orbitals - the electron domain model. **Journal of Chemical Education**, v.73, n.7, p.622-627, 1996.

GODOY, L.; AGNOLLO, R.M.D.; MELO, W.C. **Ciências da Natureza: matéria, energia e a vida**. São Paulo: FTD, 2020.

KOTZ, J.C.; TREICHEL, P.M.; TOWNSEND, J.R.; TREICHEL, D.A. (Trad. Noveritis do Brasil) Química Geral e Reações Químicas, v.1. Trilha:São Paulo, 2016.

LAMOUREUX, G.; OGILVIE, J.F. Hybrid atomic orbitals in organic Chemistry. Part 2: critique of practical aspects. **Quim. Nova**, Vol. 42, 7, p. 817-822, 2019.

LIMA, M. M.; SILVA, J. L.P.B. Um sistema de conceitos para o ensino de orbital atômico. XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2016. Disponível em <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1281-1.pdf>. Acesso em 11/12/2019.

LIMA, Márcio Matos & SILVA, José Luís de Paula. Orbital atômico: modos de conceituar e ensino. **Scientia Naturalis**, v. 1, n.3, p.10-23, 2019.

LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo “Filogenia” em livros didáticos de Biologia no Ensino Médio. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, 3, p. 149-165, set./dez. 2012.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 2014.

MENDONÇA, V.L. De olho no futuro: **Projetos integradores área de ciências da natureza e suas tecnologias**. Ática: São Paulo, 2020.

MIESSLER, G.; FISHER, P.J.; TARR, D.A. **Química Inorgânica**. 5 ed. Tradução de Ana Julia Perroti-Garcia. São Paulo: Pearson, 2014.

MULLIKEN, Robert. S. Electronic Structures of Polyatomic Molecules and Valence. II. General Considerations. **Physical Review**, v. 41, n.1, p.49–71, 1932.

NAKIBOGLU, C. Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization, **Chemistry Education: Research and Practice**, v.4, n.2, p.171-188, 2003.

OGILVIE, J. F. The nature of the chemical bond-1990. **Journal of Chemical Education**, v. 67, p. 280-289, 1990.

PAULING, L.; WILSON Jr, E.B. **Introduction to Quantum mechanics with applications to chemistry**. Dover Publications: Nova York, 1985.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

RAMADAS, J. Visual and spatial modes in science learning, **International Journal of Science Education**, v.31, n.3, p. 301-318, 2009.

SÁNCHEZ, P. G.; MÁRTIN, F. Quantum vs. “classical” chemistry in university chemistry education: a case study of the role of history in thinking the curriculum. **Chemistry Education: Research and Practice**, v.4, n.2, p.131-148, 2003.

SANTOS, P. F. dos S. Uma disciplina teórica de química para os alunos ingressantes no curso de graduação em química. **Química Nova**, v. 23, n.5, p.699-702, 2000.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química orgânica**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.

TSAPARLIS, G.; PAPAPHOTIS, G. High-school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: The case of basic quantum chemical concepts. **International Journal of Science Education**, v. 32, n.7, p.895-930, 2009.

TSAPARLIS, G.; PAPAPHOTIS, G. Quantum-chemical concepts: Are they suitable for secondary students? **Chemistry Education: Research and Practice**, v.3, n.4, p.129-144, 2002.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química**. 7 ed, São Paulo: Saraiva, 2007.

ZUO, J. M.; KIM, M.; O'KEEFFE, M.; SPENCE, J. C. H. Direct observation of d-orbital holes and Cu–Cu bonding in Cu<sub>2</sub>O. **Nature**, v. 401, n.6748, p.49–52, 1999.