O CONCEITO DE RESSONÂNCIA EM FOCO: REFLEXÕES SOBRE A APRENDIZAGEM NA QUÍMICA ORGÂNICA

Mellyssa Vythorya Canabarro Ferreira, Brenno Ralf Maciel Oliveira

INTRODUÇÃO

Os conceitos químicos podem ser compreendidos em três níveis complementares e sem hierarquia envolvida: macroscópico, submicroscópico e representacional (Johnstone, 2000). O nível macroscópico/fenomenológico corresponde aos fenômenos químicos perceptíveis para os sentidos, como mudança de cor, formação de precipitado, etc. O nível submicroscópico/microscópico ou teórico envolve a explicação através de leis, teorias e conceitos abstratos, a partir do comportamento dos átomos, partículas, elétrons, moléculas, íons, entre outros. O nível representacional/simbólico, por sua vez, trata da simbologia utilizada na representação do fenômeno, envolvendo modelos, gráficos, equações, etc. (Johnstone, 2000). A abordagem dos conteúdos químicos sem a transição entre os níveis ou a supervalorização da abordagem de um deles em detrimento dos demais pode ocasionar problemas na aprendizagem ou entraves na compreensão dos estudantes (Melo; Silva, 2019). O conceito de ressonância, por exemplo, é frequentemente mal compreendido por estudantes devido à sua natureza abstrata e à dificuldade em compreender a ideia de deslocalização de elétrons. Além disso, muitas vezes a abordagem desse conteúdo considera os três níveis de representação, dando ênfase ao nível submicroscópico. Diante disso, faz-se necessário explorar as diferentes estruturas de ressonância no nível simbólico, mas também discutir como a deslocalização eletrônica afeta as propriedades da molécula (nível macroscópico), bem como pensar sobre os elétrons e os orbitais moleculares (no nível submicroscópico). Esse assunto tem sido foco de trabalhos na área de ensino de Química (Barakat; Orgill, 2024; Xue; Stains, 2020; Brandfonbrener; Watts; Shutz, 2021; Betancourt-Pérez; Olivera; Rodríguez, 2010), mas carecem de aprofundamento, especialmente no contexto brasileiro. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo refletir sobre o processo de aprendizagem acerca do conceito de ressonância no ensino superior de uma universidade catarinense.

DESENVOLVIMENTO

A pesquisa consistiu em um estudo qualitativo, com parte documental, em que foram avaliados livros do ensino superior; e parte de campo, com a aplicação de questionários com estudantes de ensino superior de uma universidade catarinense, com o intuito de investigar como o conceito de ressonância é abordado, a partir dos níveis do conhecimento químico, bem como verificar como os estudantes aprendem sobre ele e as possíveis dificuldades decorrentes desse processo. A pesquisa foi desenvolvida a partir de 7 etapas: 1 – Familiarização com a literatura envolvendo aspectos da aprendizagem e/ou do ensino sobre ressonância em cursos de graduação. 2 – Análise da abordagem sobre Ressonância em livros do ensino superior (conceituação, estratégias e níveis de representação – macro, submicro e simbólico). 3 – Elaboração e validação de questionário para identificar dificuldades dos estudantes na aprendizagem sobre ressonância no ensino superior. 4 – Aplicação do questionário e análise das respostas. 5 – Categorização dos dados e inferências. 6 – Triangulação dos dados e reflexões sobre possíveis relações. 7 – Elaboração de relatório final e artigo.

RESULTADOS

Foram analisados, inicialmente, 12 artigos, e agrupados, após a leitura integral, conforme ano de publicação, país, periódico e foco de discussão. Verificou-se uma distribuição homogênea ao longo dos últimos dez anos e em relação aos periódicos em que foram publicados. Observou-se maior destaque para Brasil (4 artigos), Estados Unidos (3) e Argentina (2). Em relação às dificuldades de

aprendizagem reportadas nos trabalhos analisados, verificou-se entraves conceituais nas definições conceituais, uso de analogias, uso de simbologias como setas curvas, estruturas de Lewis, híbridos de ressonância, estabilidade, além de aspectos envolvendo a visualização espacial, a aplicação prática de critérios geométricos, magnéticos e energéticos. A análise de livros considerou quatro coleções de Química Orgânica (Silva, 2018; Carey, 2011; Solomons, 2024; e Klein, 2016), observando subtópicos relacionados ao conceito de ressonância, as estratégias exploradas para o ensino dos conceitos e o uso dos três níveis representacionais. Silva (2018) possui forte ênfase no nível simbólico, com abordagem bastante sintética. Apesar da brevidade, são apresentadas estruturas de ressonância, setas e a ideia de híbrido de ressonância. Verificou-se a tentativa de se estabelecer relações conceituais com outros tópicos como cargas formais, orbitais atômicos e moleculares, e hibridização. Carey (2011) destina cinco páginas ao mecanismo de ressonância e setas curvas, com explicações textuais, estruturas de Lewis, exemplos resolvidos e exercícios, com foco, predominantemente, operacional. Verifica-se forte presença da linguagem escrita e de representações simbólicas, sem que haja, de forma explicita, uma interpretação mais aprofundada sobre elas. Solomons (2024) enfatiza regras para setas curvas, mapas de potencial eletrostático, propriedades do híbrido e listas de exercício, com maior diversificação nas formas de representação e articulação entre o simbólico e submicroscópico. Por fim, Klein (2016) detalha o uso de setas curvas, os "dois mandamentos" para respeitar o octeto e de problemas práticos que envolvem reconhecimento de padrões e avaliação da contribuição relativa das estruturas. Também há o uso de analogias e a tentativa de explicar a relação entre a molécula e os desenhos utilizados para representa-la. Há predominância do caráter procedimental, com a proposição de resolução de problemas em etapas, com questionamentos orientadores. Há ênfase no uso de textos, representações simbólicas e atividades destinadas a aplicação de teoria. De forma geral, uma característica comum às quatro obras analisadas é a abordagem do conceito de ressonância como um problema de representação de estrutura molecular. Embora esse conceito dependa fortemente dos modelos e linguagens representacionais, é preciso cautela para não favorecer uma aprendizagem excessivamente operacional sem que haja, verdadeiramente, uma compreensão adequada daquilo que tais representações buscam, de fato, representar. O nível macroscópico constitui a principal lacuna nas obras, com maior foco no nível simbólico e, em alguns casos, na relação com o submicro. O questionário, aplicado com 11 estudantes da Licenciatura em Química de uma universidade pública catarinense, contou com 14 questões sobre aplicação, teoria, os três níveis representacionais e as dificuldades de aprendizagem. Na análise preliminar, observou-se um pequeno índice de abstenção distribuído entre as questões, com cerca 33% de questões sem repostas. Apesar disso, 6 respostas que consideraram que os híbridos de ressonância consistem em diferentes compostos que existem na natureza e alternam entre si; e 7 respostas consideraram que o número de elétrons (emparelhados e desemparelhados) mudam na estrutura de ressonância. Tais dados são corroborados com a dificuldade que a maioria dos estudantes teve em diferenciar o conceito de ressonância e o conceito de equilíbrio químico. No geral, as explicações dos estudantes sobre o conceito de ressonância ficaram focadas na deslocalização de elétrons, em um âmbito geral (Figura 1). Observou-se certa tendência dos estudantes em operacionalizar o conceito de ressonância sem, de fato, compreenderem seu significado e dos conceitos que lhe estruturam.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que é muito relevante pensar sobre as dificuldades de aprendizagem e aprofundar tais investigações, com vistas ao planejamento e à implementação de ações docentes que visam superar os entraves na aprendizagem que são reportados na literatura e reconhecidos no contexto.

Palavras-chave: ressonância; química orgânica; níveis representacionais; aprendizagem.

ANEXOS

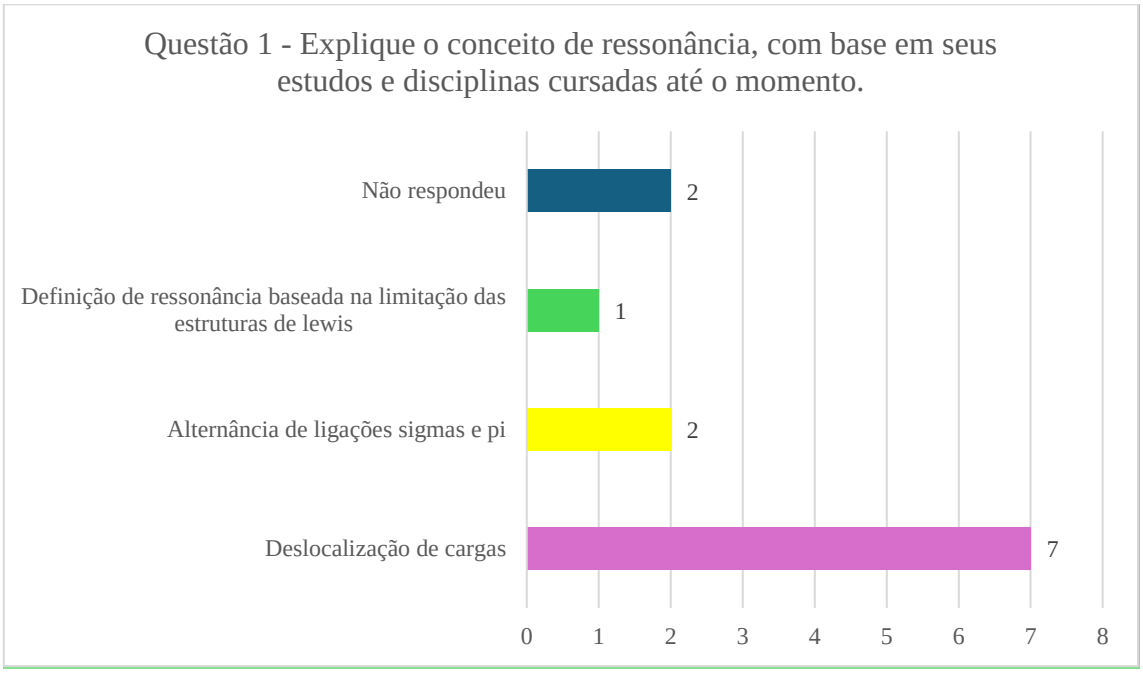


Figura 1. *Classificação das respostas dos estudantes para a compreensão sobre o conceito de ressonância.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARAKAT, S.; ORGILL, M. K. Identifying the Critical Features of Resonance: Instructors' Intentions for the Teaching and Learning of Resonance in General Chemistry I and Organic Chemistry I. **Chemistry Education Research and Practice**, v.25, p.491-505,2024.

BETANCOURT-PÉREZ, R.; OLIVERA, L. J.; RODRÍGUEZ, J. E. Assessment of Organic Chemistry Students' Knowledge of Resonance-Related Structures. **Journal of Chemical Education**, 87(5), p.547-551, 2010.

BRANDFONBRENER, P. B.; WATTS, F. M.; SHULTZ, G. V. Organic Chemistry Students' Written Descriptions and Explanations of Resonance and Its Influence on Reactivity. **Journal of Chemical Education**, 98(11), p.3431-3441, 2021.

CAREY, F. A. **Química orgânica**. V.1. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

JOHNSTONE, A. Teaching of chemistry – Logical or psychological? **Chemistry Education**: Research and Practice in Europe, v. 1, n. 1, p. 9–15, 2000.

KLEIN, D. **Química Orgânica** - Uma Aprendizagem Baseada em Solução de Problemas - Vol. 1. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MELO, M. S. de.; SILVA, R. R. da. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 9, n. 5, p. 301–330, Edição Especial 2019.

SILVA, R. S. F. **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B.; SNYDER, S. A. **Química Orgânica**. Vol.1. 13. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2024.

XUE, D.; STAINS, M. Exploring Students' Understanding of Resonance and Its Relationship to Instruction. **Journal of Chemical Education**, 97(4), p.894-902, 2020.