



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025

INTEGRAÇÃO ENTRE WEBBING E ELEMENTOS DA ENGENHARIA DIDÁTICA DOS PERCURSOS DE ESTUDOS E PESQUISA PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES QUÍMICA

Bruna Lorrane de Oliveira Pereira¹; José Vieira do Nascimento Júnior²

1. Bolsista PIBIC/FAPESB, Graduada em Licenciatura em Química, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: brunalorraneuefs@gmail.com
2. Orientador, Departamento de nome, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: jvjunior@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia didática; espectroscopia; formação de professores.

INTRODUÇÃO

Ao analisar o programa de ensino do ensino médio no Brasil, observa-se que o tema das vibrações das ligações químicas encontra-se disperso/distribuído em diferentes disciplinas. Nesse contexto, o objeto modelos atômicos é abordado, em geral, de forma restrita à sua historicidade, com pouco aprofundamento de seus aspectos formais e conceituais. Outrossim, tal abordagem contribui para a formação de obstáculos epistemológicos, especialmente pelo uso excessivo de analogias tanto em livros didáticos quanto em aulas. Partindo dessa premissa, é inferido que essa limitação evidencia a necessidade de repensar o modelo de ensino da Física e da Química também no Ensino Superior, de modo a favorecer a compreensão de conceitos centrais como o princípio da incerteza de Heisenberg e o movimento vibratório de moléculas, frequentemente abordados de maneira “fragmentada e/ou superficial”, o que consequentemente, compromete a construção de uma visão física coerente com a Mecânica Quântica (MQ). Nesse ensejo, o presente estudo (Nascimento Júnior et al., 2025) foi conduzido no segundo semestre de dois mil e vinte e quatro na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), durante a formação de professores de Química e teve como conteúdo aplicado a espectroscopia molecular no contexto da introdução à química quântica. O objetivo principal foi desenvolver, junto aos futuros professores (as), a capacidade de interpretar fenômenos físicos, em especial, os movimentos vibratórios de moléculas, integrando dimensões conceituais, formais-matemáticas e epistemológicas na abordagem de conteúdos da MQ.

A proposta fundamentou-se na Teoria das Situações Didáticas (TSD) (Brousseau, 2008), na metodologia da engenharia didática (Artigue, 1989) e nas reflexões de Almouloud (2022), articulando também referenciais teóricos complementares. Sublinha-se que essa articulação buscou otimizar a seleção e a formulação dos conteúdos de ensino em diferentes níveis de complexidade, assegurando uma abordagem que considerasse tanto a formação conceitual quanto a dimensão formal e epistemológica na compreensão dos fenômenos envolvidos/estudados.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida entre agosto e dezembro de dois mil e vinte e quatro, na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), durante a formação inicial de professores de Química. Participaram sete licenciandos matriculados no componente curricular: EXA 073 – Fundamentos da Química Quântica (45h).

Desse modo, o planejamento metodológico foi fundamentado na Teoria das Situações Didáticas (TSD) (Brousseau, 2008), na metodologia da engenharia didática (Artigue, 1989), no conceito de noosfera da Teoria Antropológica do Didático (Chevallard, 2002) e na noção de *milieu* proposta por Margolinas (2002). Assim sendo, para estruturar as etapas, foi utilizado o quadro de estruturação do *milieu* (Margolinas, 2002), que hierarquiza situações e identifica simetrias e assimetrias entre *milieu* (M), estudante (E), professor (P) e situação (S):

Quadro 1. Estruturação do *milieu*

M_{+3} Construção	E_{+3}	P_{+3} Noosférico	S_{+3} Situação noosférica
M_{+2} Projeto	E_{+2}	P_{+2} Construtor	S_{+2} Situação de construção
M_{+1} Didático	E_{+1} Reflexivo	P_{+1} Projeter	S_{+1} Situação de projeto
M_0 Aprendizagem	E_0 Aluno	P_0 Professor	S_0 Situação didática
M_{-1} Referência	E_{-1} Aprendente	P_{-1} Observador	S_{-1} Situação de aprendizagem
M_{-2} Objetivo	E_{-2} Agente	P_{-2}	S_{-2} Situação de referência
M_{-3} Material	E_{-3} Objetivo	P_{-3}	S_{-3} Situação objetiva

Fonte: (Margolinas, 2002, p.7, tradução nossa).

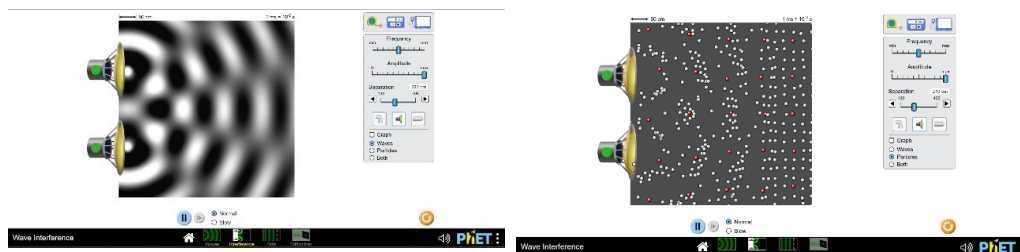
Nesta itinerância, a questão de pesquisa; sinergia deste trabalho foi: em quais condições o *milieu* pode ajudar os professores de Química a desenvolver suas competências de interpretação?

As atividades combinaram momentos expositivos, recursos audiovisuais e simulações interativas. Foram utilizados três vídeos temáticos, incluindo a exemplo o vídeo intitulado “Princípio da Incerteza da Física quântica - Física quântica para leigos” (Canal Cientificar, YouTube, 2024¹), para introduzir conteúdos relacionados à interpretação em Física, às propriedades das ondas e aos fenômenos de interferência. Também foi empregado o *software* simulador *PhET Interactive Simulations*, “Radio Waves & Wave

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=xXM8yXLLxqc>.

*Interference*²” (Universidade do Colorado Boulder), permitindo a visualização e manipulação de conceitos ondulatórios e interferenciais, conforme ilustração 1.

Ilustração 1. Capturas de Tela do software PhET Interactive Simulations em funcionamento



Fonte: UNIVERSIDADE DO COLORADO BOULDER. Radio Waves & Wave Interference [software]. Boulder, CO: PhET Interactive Simulations, 2025. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/radio-waves>.

Ademais, o estudo foi estruturado em dez sessões de cento e cinquenta minutos (150), cujo conteúdo evoluiu de conceitos introdutórios a aplicações matemáticas avançadas, culminando na situação fundamental, dedicada à modelagem do oscilador harmônico simples (OHS). Nessa etapa, se buscou demonstrar de forma algébrica, a incompatibilidade entre posição e momento de uma partícula, deduzindo matematicamente o princípio da incerteza de Heisenberg. Cabe ressaltar que todas as sessões envolvidas ocorreram em sala de aula equipada com datashow e notebook com acesso à internet.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse percurso formativo, a análise *a posteriori* revelou que, na situação didática S-2 os participantes tomaram consciência do problema proposto e formularam conclusões iniciais sobre a dualidade onda-partícula e as perspectivas clássica e quântica da Física, apoiados pelos recursos sugeridos. No entanto, no nível E-2, verificou-se dificuldade em articular a natureza ondulatória e corpuscular dos elétrons, conceito central para a compreensão da Mecânica Quântica (MQ).

A intervenção do professor antecipou a retomada da noção de não-localidade, conduzindo à proposta de dedução do princípio da incerteza por meio da propriedade de comutação entre posição e momento. Apesar de 71% dos estudantes enunciarem corretamente que não é possível determinar simultaneamente essas duas variáveis com precisão absoluta, nenhum conseguiu apresentar a demonstração algébrica completa.

Em consonância, as interações com o *milieu* indicaram que os participantes recorreram à álgebra de operadores, às propriedades ondulatórias do modelo OHS e a conceitos como frequência, comprimento de onda e energia potencial mecânica. Entretanto, foram detectadas duas limitações principais:

- (a) dificuldades na aplicação de regras de derivação simples;
- (b) restrições na formulação da energia mecânica total, mesmo com conhecimento prévio das leis de Newton.

Desse modo, essas lacunas sugeriram a necessidade de aprofundar a integração entre aspectos formais, conceituais e epistemológicos no ensino da MQ. Apesar disso, a comparação entre as análises *a priori* e *a posteriori* evidenciaram ganhos conceituais relevantes e confirmaram a viabilidade do modelo didático adotado, ainda que ajustes

² PhET: radio-waves_wave interference_en.jar.

metodológicos sejam necessários para reduzir as barreiras algébricas e favorecer a apropriação completa dos conceitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre as análises *a priori* e *a posteriori* evidenciou que o modelo didático adotado permitiu abordar, de maneira direcionada um tema de alta complexidade como as vibrações moleculares sob a perspectiva da Mecânica Quântica (MQ). Foram reconhecidos avanços conceituais, especialmente no reconhecimento e na formulação verbal de princípios fundamentais, como a incompatibilidade entre posição e momento de uma partícula.

Em contrapartida, as lacunas algébricas dos participantes limitaram a consolidação plena desses conceitos e impediram a demonstração formal de alguns resultados, como a dedução matemática do princípio da incerteza de Heisenberg. Essa dificuldade reforça a necessidade de integrar, de forma mais consistente, aspectos formais, conceituais e epistemológicos no ensino da MQ, sobretudo na formação inicial de professores (as).

Sublinha-se que mesmo diante dessas limitações, este estudo confirmou a viabilidade de aplicar a Teoria das Situações Didáticas (TSD) e a engenharia didática na formação de professores de Química (inclusive em condições matematicamente desafiadoras). Ademais, os resultados também indicaram que a articulação entre referenciais teóricos complementares favorece a seleção e a organização dos conteúdos, possibilitando adaptações a diferentes níveis e contextos educativos. Nesse ensejo, torna-se imperativo recomendar para trabalhos futuros, a aplicação do protocolo proposto em outros cenários e com maior tempo de intervenção, de modo a testar a reprodutibilidade e aprimorar as praxeologias utilizadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Governo da Bahia pelo custeio das passagens e diárias para os pesquisadores José Vieira Jr. (UEFS), Juliana da S. Lima Fonseca (UEFS/UNEB) e Rita Lobo Freitas (UNEB) ao evento na *Université de Bordeaux*, França, e à FAPESB, pela concessão da bolsa de IC à discente Bruna Lorrane de Oliveira Pereira.

REFERÊNCIAS

- Almouloud S. A. *Fundamentos da Didática da Matemática*. 2ª ed. revisada e ampliada. Curitiba:UFPR, 2022. 344p.
- Artigue M. Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. v. 9, n. 3, p. 281-3, 1989. Disponível em: <http://www.cfem.asso.fr/actualites/archives/RDM9.3M.ArtigueIngenierieDidactique.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- Brousseau G. *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2008.
- Chevallard, Y. Organiser l'étude: 1. Structures & fonctions – Cours donné à la XIe école d'été de didactique des mathématiques (Corps, 21-30 août 2001). In: *ACTES de la XIe école d'été de didactique des mathématiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 2002a. p. 3-32.
- Griffiths D. J. *Mecânica Quântica*. 2. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- Margolinas C. Situations, milieux, connaissances: Analyse de l'activité du professeur. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot & R. Floris. *Actes de la 11ème École d'Été de Didactique des Mathématiques, La pensée sauvage*, pp.141-156, Grenoble La Pensée Sauvage, 2002.
- Nascimento Júnior, J. V., Freitas, R. L., Fonseca, J. S. L., Pereira, B. L. O. (2025). Reconcevoir l'ingénierie didactique pour la formation des enseignants brésiliens em chimie quantique introductive. Dans C. Derouet, V. Durand-Guerrier, C. Lemrich & A.-C. Math. (Dir.), Pr.-actes du Colloque international en hommage l'oeuvre de Guy Brousseau (pp. 221-226). IREM d'Aquitaine, Juillet 2025.