

O modelo de Triângulo Didático no desenvolvimento de Uma Teaching Learning Sequence de Mecânica quântica

The didactic Triangle model in the development of a Teaching Learning Sequence of quantum mechanics

Larruana Montanha¹

lahuanamontanha@gmail.com

Universidade estadual de santa cruz /departamento de ciências exatas

Maxwell Siqueira²

mrpsiqueira@uesc.br

Universidade estadual de santa cruz /departamento de ciências exatas

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo discutir o modelo de Triângulo Didático para o desenvolvimento de uma *Teaching Learning Sequence* - *TLS*, apresentando seu processo de construção para abordar conceitos fundamentais da Mecânica Quântica para o Ensino Médio. A *TLS* tem como base para o seu desenvolvimento e implementação a abordagem sócio interacionista de Vygotsky, juntamente com as teorias específicas, como a pesquisa de desenvolvimento, os métodos *Design Based Research* – *DBR* e o modelo de estrutura didática (Ferramentas de design). A abordagem *DBR* tem o foco no desenvolvimento e implementação de sequências de ensino, buscando intervenções práticas e inovadoras em ambientes reais de ensino.

Palavras-chave: Mecânica Quântica, *Teaching Learning Sequence*, Triângulo Didático; Física Moderna e Contemporânea.

Abstract

The present work has the objective of discussing the Didactic Triangle model in the development of a Teaching Learning Sequence, presenting the process of building a *TLS* for the fundamental concepts of MQ for High School. The sequence is based on the development and implementation of Vygotsky's social interactionist approach, along with specific theories such as development research, Design Based Research (*DBR*) methods and the didactic structure model (Design tools). The *DBR* approach focuses on the development and implementation of teaching sequences, seeking practical and innovative interventions in real teaching environments.

Key words: Quantum Mechanics, Teaching Learning Sequence, Didactic Triangle; Modern and Contemporary Physics.

Introdução

É crescente o número de trabalhos na área de ensino de física que propõe a inserção da FMC no Ensino Médio (BATISTA, 2015). Dentre as justificativas apresentadas na literatura para a inserção da FMC nas escolas, podemos citar a inovação curricular. As propostas de inovação curricular estão atreladas a inovações de conteúdos, ou seja, a discussão de conteúdos que foram importantes para as novas visões da ciência atual (GARCIA, 2009; KNEUBIL, 2014).

Nesse sentido, o presente estudo trata da inserção de conceitos fundamentais da Mecânica Quântica (MQ) no ensino Médio por meio da abordagem *Design Based Research (DBR)* e de uma *Teaching learning sequence (TLS)*, que possibilitam levar as inovações para ambientes reais de sala de aula, propondo uma forma de abordar com conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em curtos prazos e assim contribuir para a construção de saberes escolar (KARIOTOGLU; TSELFES, 2000; MÉHEUT; PSILLOS, 2004; PESSANHA; PIETROCOLA, 2016). Assim, o presente trabalho tem o objetivo de discutir o modelo de Triângulo Didático, proposta por Tiberghien et al. (2009), no desenvolvimento de uma *TLS*, apresentando seu processo de construção para os conceitos fundamentais da MQ para o Ensino Médio.

A pesquisa baseada em design (*DBR*) e *teaching learning sequence (TLS)*

No contexto educacional, a pesquisa baseada em design (*DBR*), coordena o processo como um todo desde a ideia do design até sua implementação, indo além de projetar e testar as intervenções particulares em ambientes reais de ensino. Ela visa compreender o contexto para melhores relatos teóricos de ensino e aprendizagem. Além disso, pode refinar as teorias geradoras ou preditivas de aprendizagem, por meio da variedade de métodos utilizados durante uma intervenção, que devem ser observadas atentamente pelos pesquisadores, a fim de avaliá-la e, caso necessário, realizar alterações (COLLECTIVE, 2003; KNEUBIL, 2015).

Na fase do design que é o momento da sua construção, a participação do professor que irá implementar é de suma importância, pois é ele que está em contato com os estudantes na sua prática o que fornecerá informações importantes sobre o contexto ao qual será implementado. Além da fase de design, a metodologia *DBR* por se tratar de uma pesquisa cíclica, ocorre à construção do produto, depois a validação, implementação, avaliação e o re-design (COLLINS et al., 2004; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

A importância dada aos ciclos de estudo, implementação, validação da sequência se dá graças à proposta de desenvolvimento do conhecimento causal envolvido na metodologia, a qual se centra na causalidade identificável em um caso particular, acompanhado, realizado e validado no ato da práxis, por aqueles que são a comunidade envolvida e engajada no processo, no caso do ensino em ambientes de sala de aula, o professor e os estudantes (MATTA et al., 2014). Já na etapa de avaliação nos permite construir uma postura responsável pelos resultados do nosso trabalho, para os estudantes, professores, escola/comunidade e entre pesquisadores de ensino de ciências. Sendo importante avaliar os aspectos aos quais propomos investigar (BROWN, 1992).

Na área de ensino de ciências a pesquisa baseada em design gerou uma linha de pesquisa que leva em considerações propostas de inovação curriculares, denominada *Teaching-Learning sequence (TLS)*. A *TLS* é uma sequência de Ensino-Aprendizagem de conteúdos específicos de ciências, que pode ajudar a entender o que ocorre em aulas de ciências, leva em consideração alguns aspectos, como as interações do professor, do aluno e de conteúdo

específico, as características do contexto educacional e do conteúdo específico, a concepção dos estudantes entre outros (KNEUBIL, 2015; KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017). Esses aspectos devem ser decididos de acordo com o conteúdo específico, para isso deve-se utilizar de uma variedade de componentes teóricos que orientem o trabalho em ambientes reais de ensino.

Nesse caso, os princípios de design, que podem estar associados a uma dimensão teórica do pensamento, no caso de uma intervenção educacional, pode-se ter em vistas teorias que apoiem a construção da *TLS*. Visto que o método *DBR*, não se apoia a uma única teoria, pode adotar elementos de várias teorias de modo a eleger os princípios de design, que irão nortear a produção e implementação (KNEUBIL; PIETROCOLA, 2017).

O modelo do Triângulo Didático e a *TLS* desenvolvida

Uma *TLS* construída com base no modelo do Triângulo Didático proposto por Tiberghien et al. (2009) utiliza de ferramentas de design, teorias específicas que fundamentam a construção da *TLS* e em grandes teorias que fundamentam os processos de aprendizagem e ensino (Figura 1). As grandes teorias envolvidas na construção da *TLS* enfatizam a aprendizagem, o conhecimento, ensino e as ferramentas de design, mas são as teorias específicas que dão suporte para projetar os recursos de ensino, que por sua vez os recursos e as atividades elaboradas na *TLS* devem estar embasados na grande teoria (TIBERGHIEEN et al., 2009). Segundo Tiberghien et al. (2009, p. 2277), durante a construção de uma *TLS*, é cabível refletir sobre alguns questionamentos: “Quais são as grandes teorias escolhidas? Como eles contribuem para uma teoria específica?”.

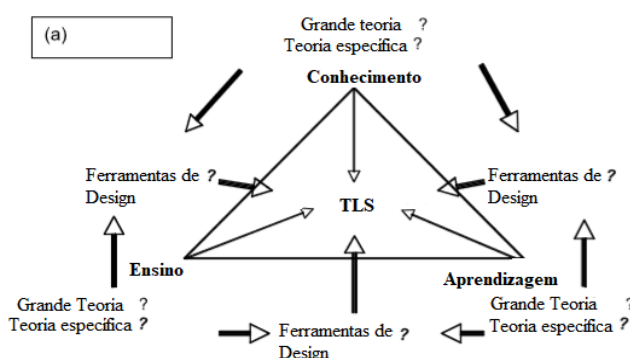


Figura 1- Triângulo didático (tradução livre)

Fonte: (TIBERGHIEEN et al, 2009 , p. 2278)

A partir dessa discussão foi possível construir um Triângulo Didático (figura 2) para o caso da inserção de conceitos fundamentais de Mecânica Quântica, exemplificando as relações entre os polos, por se tratar de um modelo que se relaciona entre si, ou seja, todos os polos estão interrelacionados. Por compreender que essas grandes teorias não estejam relacionadas a um único polo, optamos pela grande teoria de ensino e aprendizagem, a Abordagem sócio interacionista de Vygotsky, compreendendo que as ideias desse autor apontam para um ambiente que desenvolvam a autonomia do estudante e do professor, que possam refletir seu próprio processo de construção de conhecimentos, dialogando com a abordagem *DBR* baseada em ciclos de estudo, análise, projeção, aplicação, resultados, que depois são reciclados, e assim quando for necessário ou possível. Há o propósito de ser uma abordagem interativa e de refinamento da solução prática encontrada, com um caráter formativo entre os envolvidos na pesquisa, com uma perspectiva social e comunitária (REGO, 1995; MATTA et al., 2014). A teoria sócio interacionista será responsável por guiar a construção e

implementação da *TLS*, juntamente com as teorias específicas que tem a função de realizar o trabalho real, a pesquisa de desenvolvimento, os métodos *DBR* e o modelo de estrutura didática (Ferramentas de design). A pesquisa de desenvolvimento apresenta como características ser uma sequência de ensino de curta duração, em um processo cíclico com ricos dados de pesquisa. (LIJSEN; KLAASSEN, 1994, apud, MÉHEUT; PSILLOS, 2004). O projeto de *TLS* é apresentado dentro desse contexto, a partir do conceito de estrutura didática, tendo como definição o produto da pesquisa de desenvolvimento (LIJSEN; KLAASSEN, 2004). Ademais, no conceito de estrutura didática a *TLS* contém uma abordagem problematizadora com uma ênfase sobre a qualidade didática para o ensino de determinada temática específica.

A abordagem problematizadora se justifica ao proporcionar aos estudantes uma mudança de posição durante o processo de ensino aprendizagem, fazendo com que ampliem seus conhecimentos de modo crítico e reflexivo (BATISTA, 2015). Para projetar uma *TLS* com foco na estrutura didática e na pesquisa de desenvolvimento, foram postulados seis fases para o projeto (LIJSEN; KLAASSEN, 2004): a **primeira fase** diz respeito à importância dada ao motivo de escolha dos conteúdos específicos e se os conhecimentos prévios tem uma relevância na investigação didática, para resolverem os problemas didáticos. **Segunda fase** propõe estreitar a relação do cotidiano do estudante com o conceito científico para que os mesmo sintam vontade de buscar o conhecimento. **Terceira fase** tem o intuito de generalizar o conhecimento existente nos estudantes tendo em vista o motivo global e a necessidade de ampliar o conhecimento, ou seja, é provocar nos estudantes a vontade de buscar novos conhecimentos, fazendo com que eles percebam a partir de problematizações que o conhecimento que eles possuem não é suficiente para compreender o motivo global. **Quarta fase** é o momento de aplicação do conhecimento em novas situações, nesse momento pressupõe que os estudantes consigam se posicionar diante de novos problemas tanto cotidianos quanto no âmbito escolar. **Quinta fase** é o momento de refletir sobre os conhecimentos adquiridos. **Sexta fase** é o aprofundamento dos conhecimentos tanto por parte dos estudantes como dos professores, o que pode ser entendido como a ampliação de problemas que envolvem contextos mais complexos (LIJSEN; KLAASSEN, 2004).

Pode-se observar que a proposição da estrutura didática apresenta aspectos pertinentes sobre a utilização de situações problemas na sala de aula, que pode proporcionar aos estudantes momentos de reflexões e uma visão diferenciada dos conhecimentos científicos, uma vez que quando novos conceitos são aprendidos a partir de conceitos já existentes, como proposto pela **fase 1**, pode levar a associação de circuitos até então independentes, como consequência disso a aprendizagem (CONSENZA; GUERRA, 2011). Na **fase 4**, a qual os estudantes serão capazes de ampliar e desafiar a construção de novos conhecimentos, pela teoria Vygotskiana, acontece na zona de desenvolvimento proximal dos educandos. A zona de desenvolvimento proximal, é a distancia entre o desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial por meio da ajuda de parceiros mais capazes (FINO, 2001). Vale ressaltar, a importância dessa fase, pois é respeitado o desenvolvimento do estudante, na qual o estudante, professor e os conteúdos interagem com as novas situações para propor soluções.

A materialização da *TLS*

O desenho da *TLS* foi pensado e pautado nas teorias citadas anteriormente, como parte do ciclo. A sequência foi projetada com 10 aulas, composta por textos, atividades lúdicas, situações problemas e aulas expositivas. A figura 2 mostra a estrutura elaborada para sequência a partir do Triângulo Didático. A sequência foi projetada tendo em vista o contexto de um colégio estadual na cidade de Ilhéus- BA. Em seguida, discutiremos cada uma das fases.

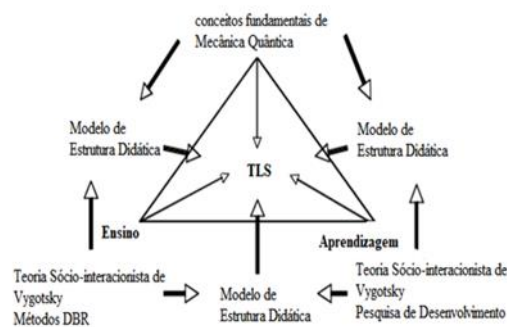


Figura 2- Triângulo didático para o projeto da Sequência de ensino aprendizagem sobre Mecânica Quântica

A primeira e segunda aula se fundamenta no objetivo da **fase 1- investigar os conhecimentos prévios e identificar se os mesmos tem uma relevância na investigação didática**, - a partir de motivações acerca das implicações sociais, culturais e religiosas dos tópicos de Mecânica quântica para sociedade, é solicitado aos estudantes pesquisarem reportagens/anúncios sobre quântica em jornais, revistas, internet ou outros meios de informação utilizados pelos estudantes para busca de informações. Em seguida, os estudantes por meio da escrita de um texto exprimem sua opinião, a partir de questões como: Qual a sua opinião sobre os seguintes anúncios? (sites, posts no Instagram, facebook, que anunciem “cursos ou terapias quânticas”) O que você entende por Mecânica Quântica? No que tange a **fase 2 – estreitar os conhecimentos prévios com o conceito a ensinar** – ela será desenvolvida nas aulas 3 e 4 com a utilização do Interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ), textos de apoio sobre o IMZ, roteiros de atividades para que os estudantes possam compreender os fenômenos de interferência e discussão de texto adaptado de um capítulo de livro de divulgação científica que abordam alguns fenômenos quânticos comparando-os com fenômenos de interferência da ótica geométrica de maneira lúdica. **A fase 3-** iniciará com os seguintes questionamentos, qual o comportamento quântico das coisas? O que é um fóton? Como podemos compreender o estado de um sistema? A partir da interpretação para qual caminho a personagem do livro deve seguir, ela seguiria pelo caminho A ou B, e permitirá que os estudantes construam hipóteses para resolver o problema, com o uso dessa analogia é possível discutir o fenômeno da dualidade onda-partícula com base nas quatro interpretações da MQ (interpretação ondulatória, corpuscular, dualista-realista, complementaridade). **A fase 4 permite aos estudantes aplicar os conhecimentos estudados em novas situações**, na aula 7 os estudantes irão interpretar o fenômeno da dualidade onda-partícula tendo em vista a interpretação de muitos mundos proposta por Hugh Everett III, em 1957. Para ilustrar a interpretação de muitos mundos, será utilizada História em Quadrinhos (HQ), Para ampliar e analisar a compreensão dos estudantes com relação aos principais problemas da teoria quântica, problemas de medida e estados quânticos, na **Fase 5**, é realizada uma discussão sobre o experimento do gato de Schrodinger por meio de vídeos e experimentos virtuais. Na **Fase 6**, que corresponde a aula 10 (última aula), será solicitado aos estudantes a construção de um texto sobre a essência da Física quântica e a compreensão dos mesmos a partir do que foi visto bem como um olhar para o texto escrito na primeira aula. Com o intuito de sistematizar os conteúdos que foram vistos e verificar a compreensão dos estudantes.

Considerações finais

O modelo do Triângulo didático permitiu construir uma *TLS* que carrega em seu bojo aspectos como, a concepção dos estudantes e características restritas do conteúdo específico,

suposições epistemológicas, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas e características do contexto educacional, de tal forma, que esses aspectos estejam relacionados entre si de maneira fundamentada pelas grandes teorias as quais, enfatizam a aprendizagem, o conhecimento, ensino e também pelas ferramentas de design.

Para construir o nosso modelo do triangulo didático, consideramos que, a teoria vigotskiana contém significativas contribuições para a área de educação, ao desenvolver o conceito de ZDP, oferece elementos importantes para o entendimento de como se dá a integração entre ensino, aprendizagem e desenvolvimento. Por meio de um ensino que fuja de práticas que abdicam o professor do papel de desafiar e intervir no processo de apropriação de conhecimentos, o que está na direção da pesquisa de desenvolvimento e o modelo de estrutura didática. Com o qual é possível, a partir do que o estudante já sabe que é capaz de desempenhar sozinho, construir novos saberes, que para se efetivar depende da participação de elementos diversos, essas ideias convergem com as 6 fases propostas para o modelo de estrutura didática, ou seja um ensino que se adianta ao desenvolvimento, ou seja, se dirigem as funções psicológicas (REGO, 1995). De maneira geral, consideramos que o método DBR/TLS seja uma forma relevante para tratar propostas de inovação curricular e a inserção de tópicos de FMC, tendo em vista que esse método propõe uma aproximação entre teoria e prática. Com esse trabalho pretendemos ainda estabelecer as relações entre as 6 fases da estrutura didática e os pressupostos Vygostkiano, como a pesquisa de desenvolvimento propõe uma abordagem problematizadora, partiremos do conceito de problema pautado em Vygotsky.

Referências

- BATISTA, C.A.S. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: subsídios teórico-metodológicos para a sobrevivência do tópico radioatividade em ambientes reais de sala de aula.** Dissertação de mestrado – Ilhéus: UESC, 2015.
- CAVALCANTI, L. S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de geografia. **Cad. Cedes**, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 185-207, maio/ago. 2005 185.
- COLLECTIVE, Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, v.32, n.5, p. 1-5, 2003.
- COLLINS, A., JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. Design research: Theoretical and methodological issues. **Journal of the Learning Sciences**, 13(1), 15-42, 2004.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B.. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende.** Porto Alegre: Artmed, 2011.
- FINO NOGUEIRA, CARLOS. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas. **Revista Portuguesa de Educação**, vol. 14, núm. 2, 2001, p. 0
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A.; HERSCOVITZ, V. Uma proposta para o ensino de mecânica quântica. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 23, n. 4, p. 444-457, 2001.
- KNEUBIL, F. B. **O percurso epistemológico dos saberes e a equivalência massa energia.** Tese de doutorado, São Paulo, 2014.
- KNEUBIL, F. B. PIETROCOLA, M. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em ensino de ciências**, v.22 n.2 – Ago. 2017 pp. 01 – 16.

LIJSEN, P; KLAASSEN, C. W. J. M. Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*. London, v.26 n. 5, p. 537–554, 2004

MÉHEUT, M., & PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. ***International Journal of Science Education***, v. 26(5), 515-535, 2004.

NEBIAS, C.. Formação dos conceitos científicos e práticas pedagógicas. ***Interface (Botucatu)***, Botucatu , v. 3, n. 4, p. 133-140, Feb. 1999 .

TERRAZZAN, E. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. ***Caderno catarinense de ensino de física***, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez.

TIBERGHIE, A; VINCE, J; GAIDIOZ, P. Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. ***International Journal of Science Education. London***, vol. 31, n.17, p.2275-2314, 2009.