



INSTRUÇÃO POR MODELAGEM DE DAVID HESTENES: UM OLHAR CATEGÓRICO SOBRE AS PUBLICAÇÕES REALIZADAS NA ÁREA

Maria Eduarda Pereira da Silva ¹
Ana Raquel Pereira de Ataíde ²

RESUMO

A instrução por modelagem tem o seu método centrado na construção de conhecimento voltado para o estudante e seus modelos mentais. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos através de uma busca bibliográfica nas publicações relacionadas à Instrução por Modelagem de acordo com o pensamento de David Hestenes, classificando-os de acordo com a forma que apresentam a abordagem teórica, os que trazem propostas e uma aplicação do modelo em sala de aula. Especificamente, a busca se concentrou em artigos publicados nacionalmente e internacionalmente. Buscamos também artigos que trabalhassem a Instrução por Modelagem no Ensino de Física. Para a presente análise, verificamos quais artigos tem caráter teórico, os que trazem propostas de aplicação do modelo, bem como os trabalhos que apresentam aplicações do mesmo em sala de aula. Podemos perceber, de modo geral, que há um equilíbrio entre os artigos analisados quanto à abordagem utilizada, ou seja, encontramos o mesmo número entre a abordagem teórica e aos estudos que trazem propostas, durante a análise dos artigos selecionados, não foram encontrados estudos contendo aplicações do modelo. Desta forma podemos perceber que muitas vezes as propostas ficam apenas no papel e não passam a serem práticas concretas.

Palavras-chave: Instrução por Modelagem, Ensino de Física, David Hestenes.

INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem de Física, no Brasil, tem sido reconhecido em diversos estudos como deficiente, tanto no que se refere à formação docente como discente. Este ensino se apresenta traduzido apenas na débil aprendizagem dos conceitos físicos e do instrumental matemático, sem se ter a preocupação com as relações existentes entre eles e de como a Matemática influencia na estruturação dos conceitos físicos.

Em geral, o ensino de física se caracteriza ainda pelos exercícios repetitivos, problemas mecanicistas, utilização de uma sucessão de “fórmulas”, muitas vezes decoradas de forma literal e arbitrária, em detrimento de uma análise mais profunda, visando à compreensão dos fenômenos e conceitos físicos envolvidos. Esta questão amplamente

¹ Estudante do curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, ep3840@gmail.com;

² Professora orientadora: Doutora, Departamento de física, Universidade Estadual da Paraíba - PB, arpataide@gmail.com.



discutida em diversos estudos fortalece a necessidade de refletir a problemática na tentativa de buscar soluções que venham se traduzir em novas possibilidades de estratégias para o ensino de Física (MOREIRA e GRECA, 2003).

Considerando todos os níveis de ensino, podemos destacar que a compreensão de uma determinada teoria se dá pela necessidade de destrevar os fenômenos de acordo com ela, ou também pela soluções de problemas, neste contexto, os estudantes devem ser capazes de identificar as propriedades físicas que servem para descrevê-los e relacionar as mesmas com as variáveis quantitativas que as representam (HESTENES, 1987). Este processo se denomina de “modelização”. Porém a complexidade desse processo se concentra na aprendizagem mecânica de conceitos e algoritmos (GRECA, 2002). Por esse motivo, a centralização do ensino na modelização está sendo discutida como uma grande aliada nas tentativas da melhoria da aprendizagem dos conceitos científicos (HESTENES, 1987; COSTA e MOREIRA, 1997; SOLAZ-PORTOLÉS e LÓPEZ, 2007; BATISTA e FUSINATO, 2015), tornando assim a identificação das estratégias didáticas mais adequadas para facilitar este processo um tema central e atual da pesquisa em Ensino de Ciências (GRECA e MOREIRA, 2003).

A teoria de modelagem vem como uma opção pedagógica ao alcance do professor de Física, tendo o seu método centrado na construção de conhecimento voltado para o estudante e seus modelos mentais, onde o professor aparece como orientador e sua organização se dá pela instrução de Ciclos de Modelagem (SOUZA, 2015). Para Hestenes apud Souza (2016) o ciclo de modelagem pode ser constituído por quatro fases principais: construção, análise, validação e aplicação do modelo, durante a construção desse ciclo e dependendo do objetivo podem aparecer grandes variações de ênfases sobre essas quatro fases.

Por outro lado, não é difícil nos depararmos com professores que afirmam utilizar mecanismo para aproximar o cotidiano do estudante com os assuntos abordados em sala de aula. Porém os estudantes ainda sentem dificuldade com essa tal aproximação. É possível notar tal divergência quando o professor explica sobre o átomo de Bohr, os estudantes idealizam, na maioria das vezes algo plano, o que diverge do modelo cientificamente aceito e dificulta a compreensão dos conceitos que perpassam a esse entendimento (HESTENES apud SOUZA, 2016). Pensando em situações desse tipo e tendo como base sua vivência como professor de Física, David Hestenes elaborou e propôs uma didática em modelagem matemática chamada de Instrução por Modelagem (Modeling Instruction).



Alguns autores brasileiros, como Souza (2016) e Heidemann *et al* (2012), apresentam a Instrução por Modelagem como uma promissora metodologia de ensino, eles apontam que esta possui uma forma motivacional, onde é possível que os estudantes possam aproximar as experiências do dia a dia com o assunto estudado em sala de aula, relacionando os conceitos físicos com a matemática que os estruturam.

Contudo, têm sido buscadas algumas estratégias de ensino (HESTENES, 1987; GRECA, 2002), dentre muitas possibilidades destacamos as que se propõem a utilizar a modelização de conceitos através da resolução de situações problema (PINHEIRO, et al, 2001), e as que se destacam pela utilização da modelagem matemática de David Hestenes.

METODOLOGIA

Realizamos uma revisão bibliográfica das publicações em uma amostra de periódicos das áreas de Ensino de Física e Ensino de Ciências (nacionais e internacionais) que tratam da temática geral Modelagem Matemática, optamos por artigos que estão disponíveis na rede mundial de computadores e de fácil acesso.

Para as escolhas dos artigos foram investigadas as seguintes revistas: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, investigação no ensino de Física, Revista brasileira de Ensino de Física, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Revista da ABRAPEC, Revista Eletrónica Enseñanza de las Ciencias; Revista Enseñanza de las Ciencias, A física na Escola, Alexandria – Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, REnCIMA – Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Revista Enseñanza de la Física e Revista Eletrónica de Investigación em Educación em Ciências.

Nossa busca foi realizada com o objetivo de encontrar artigos publicados relacionados à Instrução por Modelagem contendo o pensamento de Hestenes, dentre os artigos encontrados destacamos 05 para análise e categorização dos mesmos, quanto ao nível de ensino (Ensino básico ou Ensino Superior) e quanto a natureza (teóricos, propostas e propostas aplicadas).

TEORIA DA MODELAGEM DE DAVID HESTENES E A MODELING INSTRUCTION



David Orlin Hestenes, físico e educador norte americano, desenvolveu nas últimas três décadas a teoria da modelagem, uma teoria no âmbito do conhecimento cognitivo, a qual busca relações entre modelos mentais e modelos conceituais tendo por intuito uma base teórico pedagógica para a ciência e a matemática (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017).

Para Hestenes (2010), a construção e manipulação de modelos mentais é a base da cognição em ciências e matemática. Por outro lado, modelos mentais são representações analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos, objetos ou eventos que são temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo e que em geral não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento (LAIRD, 1983). No entanto, idealmente, deveria haver uma relação direta e simples entre o modelo conceitual e o modelo mental, muito frequentemente, não é isso que acontece.

Nesse contexto a Teoria da Modelagem foi desenvolvida como aporte teórico para a didática conhecida como Modeling Instruction (SOUZA e ESPIRITO SANTO, 2017). Para Hestenes (1987), a modelagem do mundo físico deve ser um tema central da instrução em Física, e essa ideia tem aporte na análise da estrutura conceitual da Física a qual identifica que fatos essenciais do conhecimento processual não são explicitamente formulados e ensinados em aulas de Física.

Para tanto, é necessária a compreensão de quais modelos estamos falando. “ Um modelo é um objeto substituto, uma representação conceitual de uma coisa real” (HESTENES, 1987, p. 4). Os modelos em física têm um caráter matemático, ou seja, as propriedades físicas são representadas por variáveis quantitativas nos modelos.

Greca e Santos (2005, p. 35), definem esses modelos como:

O modelo físico é, em geral, a descrição resultante quando os enunciados da teoria se referem a um sistema ou fenômeno simplificado e idealizado. O modelo matemático constitui um sistema axiomático articulado dedutivamente, que permite expressar os enunciados da teoria na forma de relações e equações.

Nesse sentido, modelar fenômenos físicos reque a interligação de dois sistemas de signos, os matemáticos e os linguísticos (GRECA e SANTOS, 2005). Atrelados, em maior ou menor grau de envolvimento, a estes sistemas estão os modelos descritivos/explicativos para fenômenos físicos que são os modelos físicos e os modelos matemáticos. No âmbito da resolução de problemas Hestenes (1987) a compreende como um processo de modelagem e subdivide o processo de desenvolvimento do modelo em quatro estágios principais a serem implementados sucessivamente e apresenta uma teoria de modelagem geral.



Os estágios de desenvolvimento do modelo são integrantes de uma estratégia que coordena a aplicação de dados científicos e conhecimento matemático à modelagem de objetos e processos físicos.

Para entender como a estratégia se aplica, é preciso ver como ela coordena táticas e técnicas de modelagem específicas. Com esse objetivo, discutiremos os quatro estágios de modelagem - (I) Descrição, (II) Formulação, (III) Ramificação e (IV) Validação - na ordem de sua implementação.

I – O estágio de descrição consiste da identificação dos elementos descritivos do fenômeno ou sistema a ser modelado, em uma situação física os elementos a serem identificados são, geralmente: As variáveis de estado; As representações, tabelas, gráficos, o que é denominado de mapa do fenômeno a ser modelado; As interações entre as variáveis e por fim as equações matemáticas disponíveis.

II – Na formulação são aplicadas as leis físicas para se determinar as equações que estruturam o fenômeno ou objeto a ser modelado.

III – No estágio de ramificação as propriedades e implicações especiais do modelo são trabalhadas e as equações de movimento são resolvidas. É nesse estágio onde as relações entre as equações são estabelecidas a partir da análise do modelo, O processo de ramificação é em grande parte matemático e os livros didáticos geralmente não o aborda adequadamente, não evidenciam estas relações o que contribui para a dificuldade que os estudantes têm em reconhecer quando uma determinada relação é exigida (HESTENES, 1987).

IV - O Estágio de Validação está preocupado com a avaliação empírica do modelo. Em um problema de livro texto, isso pode não ser mais do que avaliar a razoabilidade dos resultados numéricos. No entanto, na pesquisa científica, pode envolver um teste experimental elaborado.

Os estudantes freqüentemente não percebem quando a resposta a um problema não tem um sentido físico e não têm idéia de como a resposta pode ser verificada. Eles não percebem que a solução completa para um problema é baseada em um modelo a partir do qual quaisquer respostas numéricas surgem como resultados subsidiários. É todo o modelo que precisa ser avaliado quando uma solução é verificada. Enquanto os alunos considerarem a solução como um mero número ou equação, a única maneira de verificar isso é comparando-a a um padrão de resposta (Hestenes, 1987).

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Esta pesquisa trata-se uma busca e análise sobre o ensino de física e ciências, de acordo com artigos relacionados à Instrução por Modelagem de David Hestenes.

Para a presente análise, classificamos esses artigos em dois aspectos gerais: Quanto ao nível – Ensino Básico e Ensino Superior – e quanto a natureza dos estudos apresentados – Teoria, Proposta e Aplicação.

De modo geral, percebemos a ausência de artigos que apresentem aplicações da Instrução por Modelagem com pensamento Hestenesiano, onde foi encontrado um número pequeno de propostas em relação ao número de artigos teóricos publicados em relação ao assunto abordado. O resumo da categorização, resultante da análise, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – categorização de artigos selecionados sobre a Instrução por Modelagem de acordo com David Hestenes.

	Nível		Natureza		
	Ensino básico	Ensino Superior	Teórico	Proposta	Aplicação em sala de aula
Quantidade de artigos	03	02	02	03	00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisarmos os dados quanto ao nível, podemos notar, de modo geral, um equilíbrio entre os artigos publicados relacionados ao ensino básico e aqueles que são relacionados ao ensino superior, no entanto, ao analisarmos quanto ao quesito natureza, podemos notar a ausência de artigos com aplicações em sala de aula, tendo uma continência entre os artigos de cunho teórico e relacionados a propostas da metodologia. Isso pode demonstrar que, por mais que se tenha discutido muito sobre a importância de uma nova metodologia de ensino, trazendo a Instrução por Modelagem como uma saída, poucas dessas discussões tornam-se práticas efetiva em sala de aula.

Destacamos aqui que com os artigos disponíveis em rede mundial de computadores e de fácil acesso, podem aparecer como uma orientação para o professor que deseja trabalhar com a Instrução por Modelagem de acordo com o pensamento Hestenesiano e a as propostas apresentadas podem encorajar o professor a coloca-las em prática durante suas aulas.



Trabalhos de Caráter Teórico:

Os artigos encontrados integrados nessa categoria tem como ponto principal questões referentes a aspectos teóricos envolvendo a Instrução por Modelagem com o pensamento hestenesiano.

Souza (2017) apresenta a Teoria da Modelagem Matemática de David Hestenes como uma possibilidade teórica para o ensino de física e matemática. Os autores discorrem pressupostos básicos da teoria e análises da sua aplicabilidade em sala de aula. Em seu trabalho, os autores tentam mostrar a importância da teoria de modelagem como uma saída para melhorar o ensino-aprendizagem dos estudantes.

Lopes (2016) apresenta em seu artigo uma revisão literária sobre atividades de modelagem e simulação computacional (MSC), apresentando abordagens epistemológicas, psico-pedagógicas e didáticas nas investigações. Os autores procuram enfatizar no decorrer do trabalho a concepção da ciência no ensino de física, assim como a Instrução por Modelagem e as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), como grandes aliados para melhorar o ensino. Porém os autores concluem a partir de revisões literárias que ainda existe uma baixa utilização de modelagem computacional, afirmando que o conhecimento acerca da modelagem necessita de formulação, criando assim novas propostas para o ensino de física, bem como novas possibilidades para a implantação da modelagem e das TICs como recursos didáticos nos processos educativos.

Trabalhos de Caráter Proposto:

Categorizamos como trabalhos de caráter propostos, todos aqueles que apresentam propostas para utilização em espaços de sala de aula visando a promoção do ensino e da aprendizagem.

Corralho (2018) discute em seu estudo, a implementação do ciclo de modelagem de Hestenes associado ao uso atividades experimentais enfatizando a plataforma de Arduino, buscando uma constante reflexão sobre o papel das atividades práticas e da participação do aluno durante o ensino e a aprendizagem. O autor trás como proposta alguns modelos de ciclos de modelagem, apresentando um relato de experiência de um curso de extensão, mostrando que há uma grande satisfação a junção das ferramentas tecnológicas com a dinâmica dos ciclos de modelagem. O autor conclui que as estratégias dos ciclos de modelagem associados à automatização com o Arduino podem ter caráter influenciador, nas concepções de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, nas ações dos docentes.



Souza (2016) mostra através de seu trabalho, os autores investiga situações da realidade, mostrando que os modelos mentais divergem dos modelos conceituais, mostrando de David Hestenes sustenta a tese de que um dos maiores desafios do ensino e da aprendizagem é coordenar os modelos conceituais com os modelos mentais. Desta forma, os autores apresentam propostas de ciclo de modelagem temático elaborado de acordo com o pensamento de Hestenes, discutindo assim novas possibilidades para alfabetização científica.

Heidemann (2012) defende o desenvolvimento dos ciclos de modelagem de acordo com o pensamento hestenesiano, como uma alternativa de nortear propostas didáticas que integrem atividades experimentais e atividades baseadas em simulações computacionais. Os autores apresentaram do decorrer do trabalho habilidades de uso de softwares Tracker e Modellus para explorar os domínios de validade de um modelo teórico de pêndulo simples durante um ciclo de modelagem. Contudo, os autores mostram que o modelo consegue explicar aos alunos e professores as diferenças entre os modelos teóricos e os fenômenos empíricos, contribuindo para o aprofundamento da compreensão deles sobre os processos de modelagem científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o levantamento realizado, percebemos que a metodologia Instrução por Modelagem com base no pensamento Hestenesiano, está sendo crescente, mesmo sendo apenas de caráter teórico e relacionados a propostas, contudo percebemos que os trabalhos estão muito distantes das necessidades exigidas para obtermos bons resultados o quesito ensino e aprendizagem. Além de que se adicionarmos ambos fatores a efetiva aplicação em sala de aula, notamos que o distanciamento ainda é maior, pois o quesito de aplicação ainda estar muito escasso, percebendo assim que a necessidade de se realizar trabalhos práticos que englobem a Instrução por modelagem de acordo com o pensamento de David Hestenes é muito grande.

Esta pesquisa, proporcionou um melhor entendimento teórico das visões apresentadas na Instrução por Modelagem Matemática.

REFERÊNCIAS

BATISTA, M.; FUSINATO, P. A Utilização Da Modelagem Matemática Como Encaminhamento Metodológico No Ensino De Física. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 6, n. 2, p. 86-96, 14 jul. 2015.



CORRALHO, M. V; JUNQUEIRA, A. C. Ciclo de Modelagem associado à automatização de experimentos com o Arduino: uma proposta para formação continuada de professores. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 35, n. 2, 2018, p. 634-659.

Costa, S.S.C. e Moreira, M.A. (1997a). Resolução de problemas II: Propostas de metodologias didáticas. **Invest. Ensino Ciênc.**, 2 (1), 5-26.

HEIDEMANN, L. A; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. Especial 2, 2012, p. 965-1007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/21757941.2012v29nesp2p965>. Acesso em 13 ago 2020.

GRECA I. M. Projeto Integrado de Pesquisa - Modelização no Ensino de Física: Estudo do processo de Formalização e de Estratégias Didáticas Facilitadoras, **ULBRA, Canoas**, 2002.

TEIXEIRA, F. M.; *et al.* Metodologias de Pesquisa no Ensino de Ciências na América Latina: como Pesquisamos na Década de 2000. **Research methods in Science Education in Latin America: how we researched in the 2000s**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v19n1/03.pdf>>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics. **Am. J. Phys.** 55(5), pp. 440-454. May, 1987.

HESTENES, D. Modeling theory for math and science education. In: LESH, R. et al. (Ed.), Modeling student's mathematical modeling competencies (pp. 13-42). **New York: Springer**, 2010.

JOHNSON-LAIRD, P. (1983). Mental models. Cambridge, MA: **Harvard University Press**. 513p.

LOPES, S; VEIT, E. A; ARAUJO, I. S. Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. **Rev. Bras. Ensino Fís.** v.38, n.2, 2016, p. e2401-2 – e2401-16.

MOREIRA, M.A.; GRECA, I.M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. **Ciência e Educação**, v9 (2), pp. 301-315, 2003.

Solaz-Portalés, J.J. e López, V.S. (2007). Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. **Rev. Elect. Enseñanza Cienc.**, 6 (1), 70-89.

SOUZA, E. S. R. DE. A Teoria da Modelagem de David Hestenes : Considerações no Ensino de Física Modeling Theory of David Hestenes : Considerations in. **X Enpec**, p. 1–8, 2015.

SOUZA, E. S. R. DE; ROZAL, E. F. Instrução de modelagem de David Hestenes: uma proposta de ciclo de modelagem temático e discussões sobre alfabetização científica. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 12, n. 24, p. 99, 2016.



SOUZA, E. S. R. DE; SANTO, A. O. DO. E. A Teoria da Modelagem de David Hestenes no Ensino de Ciências e Matemática Modeling Theory of David Hestenes in the Science and Mathematics Teaching. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**. v. 8, n. 3, 2017, p. 21-40.