

O ENSINO CONCEITUAL DE FÍSICA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA REVISÃO ATUALIZADA DA PRODUÇÃO ACADÊMICA

Diego de Oliveira Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do IFCE

Dr. Gilvandenys Leite Sales

Doutor em Engenharia de Teleinformática pela UFC, Professor Titular do IFCE

RESUMO: No ensino de Física faz-se necessário fornecer meios que possam colaborar com transformações nas estruturas cognitivas do aluno, e que o conduza a pensamentos mais complexos. Esse processo envolve a evolução de conceitos e pode ser facilitado por uma série de recursos, digitais ou não, que possibilitem uma aprendizagem significativa do tema. Para tanto, o presente artigo propõe-se a analisar os trabalhos sobre o ensino conceitual de Física e suas relações com a aprendizagem significativa. Para isso, foi realizada uma busca por artigos que apresentassem estudos de caso relatando a implementação de ações voltadas à evolução de

conceitos, ao mapeamento das concepções trazidas pelos estudantes ou à utilização de ferramentas que possam facilitar uma evolução destes conceitos. Os resultados dessa revisão da literatura indicam que elementos da aprendizagem significativa podem ser encontrados na maioria dos estudos relacionados ao enriquecimento de conceitos. A aprendizagem significativa, apesar de ser uma ideia já bastante abordada nas últimas décadas, não deve ser entendida como uma noção trivial, mas sim como um conceito supra-teórico às teorias construtivistas de aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Evolução Conceitual; Aprendizagem Significativa; Ensino de Física.

THE CONCEPTUAL TEACHING OF PHYSICS AND MEANINGFUL LEARNING: AN UPDATED REVIEW OF ACADEMIC PRODUCTION

ABSTRACT: In physics teaching it is necessary to provide means that can collaborate with transformations in the cognitive structures of the student, and that leads to more complex thoughts. This process involves the evolution of concepts, which can be facilitated by a series of resources, digital or not, that allow a meaningful learning of the theme. Therefore, the present article proposes to analyze the works on the conceptual teaching of Physics and its relations with meaningful learning. For this, a search was made for articles that presented case studies reporting the

implementation of actions focused on the evolution of concepts, the mapping of preconceptions brought by students or the use of tools that may facilitate an evolution of these concepts. The results of this literature review indicate that elements of meaningful learning can be found in most studies related to concept enrichment. Significant learning, although it is an idea already well approached in the last decades, should not be understood as a trivial notion, but rather as a supra-theoretical concept to the constructivist theories of learning.

KEYWORDS: Conceptual Evolution; Meaningful Learning; Physics Education.



1 INTRODUÇÃO

É importante que os estudantes possam compreender o mundo que os cerca e as transformações trazidas pela evolução técnico-científica. Para que possam se tornar agentes ativos dessas mudanças não basta que os alunos apenas decorem fórmulas e teorias, é necessário que os mesmos possam ser capazes de formular questionamentos pertinentes sobre o que aprendem, por que aprendem e qual a relevância deste aprendizado. Um dos objetivos do Pacto Nacional para o Fortalecimento do Ensino Médio (BRASIL, 2014) é a utilização de meios que possam contribuir para esse letramento científico.

Segundo Posner (1982), o professor não deve ser um mero apresentador do conteúdo e explicador de ideias. Ele deve ser um adversário dos conceitos preestabelecidos pelos alunos, bem como um modelo do pensamento científico. Sendo assim, cabe ao educador sair da condição de protagonista da sala de aula para assumir o papel de catalisador da mudança.

No entanto, o que se encontra ao analisar o ensino de Física é uma instrução que se foca na memorização de uma grande quantidade de informações e fórmulas matemáticas. Essa abordagem, que não prioriza a compreensão dos fenômenos, faz ainda com que os alunos se tornem avessos à matéria (LOSS; MACHADO, 2005). Apesar disso, não é incomum que haja deficiências conceituais na própria formação de professores (FREIRE, 2006). Uma formação docente, que priorize a repetição de ideias, dificilmente contribuirá para que o futuro docente tome ações que promovam um aprendizado conceitual.

Assim como as Ciências e os objetos de estudo evoluem e se renovam, também os modelos mentais dos alunos passam por processos de amadurecimento. A mudança conceitual pode ser vista como uma evolução dos modelos mentais utilizados pelo indivíduo. Para Mortimer (1996), é o processo pelo qual as concepções iniciais dos estudantes são transformadas em conceitos científicos.



No entanto, muitas são as técnicas e intervenções didáticas que caem sob o manto da “mudança conceitual”, sendo algumas, inclusive, opostas umas às outras. Tal evolução de conceitos pode ser atingida através de diferentes técnicas e abordagens educacionais, e pode ser notada pela crescente complexidade das competências necessárias para interagir com um fenômeno ou na resolução de um problema (MORTIMER, 1996).

Moreira e Greca (2003), em sua análise dos modelos de mudança conceitual sob a ótica da Aprendizagem Significativa (AS), sugerem que se abandone a ideia de mudança conceitual como substituição de conceitos. No entanto, as noções de evolução, enriquecimento e desenvolvimento conceitual se mostram mais favoráveis, pois as mesmas implicam uma aprendizagem significativa.

Ainda segundo Moreira (1997), a aprendizagem significativa possui em seus elementos características que se veem refletidas em várias correntes do pensamento construtivista. Sendo assim, é possível conjecturar que a promoção desse tipo de aprendizagem possa ser reconhecida nos objetivos da maioria dos trabalhos que propõem um ensino conceitual de Física.

Faz-se necessário estabelecer uma visão ampla dos diferentes métodos utilizados para proporcionar uma aprendizagem conceitual de Física, bem como investigar se a evolução dos conceitos trazidos pelos alunos à sala de aula conduz a uma AS.

Este trabalho tem como objetivo verificar o papel das práticas voltadas a um ensino conceitual no contexto escolar brasileiro, utilizando os modelos mentais como elemento essencial a esses processos, a partir da análise de trabalhos publicados nos últimos anos por profissionais da área do ensino de Física. Também se pretende investigar se a aprendizagem significativa pode ser encontrada, explícita ou implicitamente, nesses estudos.

Para esse fim, será apresentada uma revisão da literatura, na qual se buscou encontrar artigos científicos que possibilitem traçar um panorama das abordagens



contemporâneas desse assunto. Busca-se evidenciar se a AS subjaz a esses trabalhos, independentemente das correntes construtivistas empregadas pelos autores. Dessa forma, levando em consideração a realidade do ensino de Física no Brasil e buscando analisar ações inseridas nessa realidade, optou-se por buscar artigos publicados em periódicos nacionais.

Sendo assim, este artigo está organizado em seções dedicadas a apresentar os conceitos de modelos mentais, modelos físicos e aprendizagem significativa, no intuito de fornecer subsídios para a análise da revisão de literatura apresentada neste trabalho. Por fim, são feitas as considerações finais acerca do papel da Aprendizagem Significativa na evolução de conceitos no ensino de Física.

2 MODELOS MENTAIS

Para diSessa (1988), ao falar em “Conhecimento em Pedacos”, ou conhecimento fragmentado, pode-se considerar que o conhecimento intuitivo de Física consiste, basicamente, de centenas ou até milhares de explicações simplistas e não articuladas que quando utilizadas em contextos específicos, como um todo, podem ser encaradas como uma espécie de sistematização ampla do conhecimento, ainda que não apresentem uma sistematização que possa caracterizá-las como uma teoria.

Ainda para diSessa (1993), o professor pode se utilizar das ideias simplistas trazidas pelo próprio aluno, como parte da infraestrutura do processo de aprendizagem. O educador ajuda a transformar esses pensamentos iniciais em ideias formais através de uma mediação entre o que o aluno sabe e o conhecimento que se busca ensinar, criando, assim, um processo legítimo para mediar o espaço entre as complexidades e particularidades de situações comuns e das leis da Física em geral.

O autor fala, ainda, sobre o senso de mecanicidade: um conjunto das predições, expectativas, explicações e julgamentos de plausibilidade de senso comum, em situações de causa e efeito. Ao ser usado como um objetivo instrucional



pode ainda ter efeitos sobre o desenvolvimento de conceitos e resolução de problemas. Conceitos que pareçam plausíveis e ricos aos estudantes geram uma maior chance de serem absorvidos sem erros conceituais e levam os estudantes a desenvolverem suas próprias ideias a respeito do tema. Esse senso de mecanicidade pode, similarmente, levar à formação de uma estrutura que ajude os estudantes a refinar gradualmente suas habilidades para mais rapidamente desenvolverem modelos científicos de situações observadas (diSESSA, 1993).

Para Rapp (2005), modelos mentais podem ser encarados como a reestruturação lógica das informações adquiridas pelo indivíduo, e permitem ao mesmo simular e extrapolar cenários relacionados aos fenômenos observados, a fim de resolver um dado problema. No entanto, apesar de dependerem da memória, os modelos mentais não são recriações dos fenômenos, e sim, representações abstratas dos mesmos. Os conceitos envolvidos são encarados de uma maneira mais abrangente e sem preocupações com rigores técnicos ou acadêmicos. Ao se criar um modelo mental, o mais importante é a representação imagética do fenômeno, e não um algoritmo que permita a reprodução fiel do mesmo. E ainda, para Rapp, “(...) modelos mentais são representações dinâmicas que podem mudar com o tempo. Eles não são entidades singulares e imutáveis que permanecem invariantes entre (ou mesmo internamente aos) estudantes” (RAPP, 2005, p. 44, tradução nossa).

Ou seja, em uma sala de aula, é de se esperar que diferentes alunos desenvolvam diferentes modelos mentais para analisarem o mesmo problema. E à medida que o aluno adquire novos conhecimentos, tais modelos podem ser substituídos por novos, que o ajudem a compreender e solucionar problemas mais complexos.

Para Johnson-Laird (1983 apud GRECA; MOREIRA, 1997), a humanidade percebe o mundo a sua volta construindo modelos mentais, seja por meio de observação, analogias ou imaginação. No entanto, os modelos mentais são apenas uma das possíveis representações das quais o sujeito pode se valer para



racionalizar um fenômeno ou processo observado. Dentre estes construtos destacam-se, além do já citado, as representações proposicionais e as imagens.

2.1 Modelos Físicos

Greca e Moreira (2001) definem uma teoria física como sendo um sistema de representações composto por signos matemáticos e linguísticos. Os signos linguísticos compõem representações de situações ou fenômenos físicos, enquanto que os signos matemáticos moldam o formalismo da própria teoria. A relação entre a teoria física e a realidade é sempre mediada através de um modelo físico. Tais modelos derivam de imagens e metáforas que sejam capazes de descrever o fenômeno, bem como definir as limitações às quais o mesmo possa vir a se submeter para que possa ser mais facilmente compreendido.

Para Sales et al. (2008), os modelos mentais que constituem modelos físicos devem ter, em seu âmago, os modelos matemáticos necessários para a compreensão do fenômeno observado. Dessa forma, ao se racionalizar um evento pela ótica de um modelo mental, as restrições do modelo físico e a semântica do modelo matemático são impostas a dito evento de maneira simultânea. Pode-se dizer que os modelos físicos são constituídos de vários modelos mentais que se organizam como blocos em uma estrutura mais complexa, fazendo a mediação com os modelos matemáticos que permitem uma estruturação lógica da teoria (GRECA; MOREIRA, 2001).

Os modelos físicos e matemáticos são apreendidos e construídos através de interações sociais, no entanto, cada pessoa cria os modelos mentais que os constituem de maneira única (MARKMAN, 1999). Essa construção depende da maneira como as ideias e os conteúdos são organizados na mente do indivíduo e das estratégias de dedução utilizadas na análise dos fenômenos.

Redish (1993) aponta que as estruturas cognitivas podem ser ativamente construídas, aplicando essas descobertas ao ensino de Física, estudando como os alunos constroem seus próprios modelos mentais. Sua pesquisa, que fala sobre a



importância de tais modelos na formação do conhecimento, sugere que é papel do professor de Física guiar seus alunos na criação de modelos mentais que os ajudem a se apropriar dos novos conhecimentos apresentados na sala de aula. Sugere, ainda, tomar conceitos preexistentes nos alunos como base para a construção de novos modelos, mais sofisticados e específicos, valendo-se da utilização de exercícios para estimular o engajamento dos alunos.

3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, OS MODELOS MENTAIS E A EVOLUÇÃO DE CONCEITOS

Pode-se afirmar que o processo de evolução conceitual, no qual as ideias mais ingênuas e de senso comum são substituídas por outras mais refinadas e cientificamente corretas, quando aplicado no contexto do ensino, tem como objetivo a promoção de uma aprendizagem significativa (MOREIRA; GRECA, 2003).

Não é incomum encontrar estudos sobre o ensino de Física que se valham das ideias de Ausubel. Para Moreira (1999), a aprendizagem significativa parte do princípio de que todo sujeito carrega conhecimentos prévios, chamados de subsunçores, que são usados como âncora para a assimilação de novos conhecimentos. E que, ao basearmos a aquisição de novas ideias em conceitos preexistentes, tais ideias passam a ser carregadas de um significado pessoal para o sujeito receptor, fazendo com que o mesmo seja capaz de representar este conhecimento em seus próprios termos.

Segundo Moreira (1997, p. 19) “um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa”. Apesar de a aprendizagem significativa ter sido inicialmente proposta por Ausubel, a mesma apresenta características que a tornam uma espécie de conceito “supra-teórico” comum às teorias construtivistas de aprendizagem. Visto que a mesma pode ser reconhecida, sob diferentes abordagens e interpretações, nas teorias de diversos autores.



Moreira chega a apontar tais similaridades ao declarar:

Podemos imaginar a construção cognitiva em termos dos subsunçores de Ausubel, dos esquemas de (ação) assimilação de Piaget, da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, dos construtos pessoais de Kelly ou dos modelos mentais de Johnson-Laird. Creio que em qualquer destas teorias tem sentido falar em aprendizagem significativa (MOREIRA, 1997, p. 19).

Destaca ainda que pelo fato de a aprendizagem significativa ser um elemento implícito à construção humana do conhecimento, é natural que a mesma esteja presente nas teorias construtivistas.

Nos casos em que o aluno não dispõe de subsunçores adequados à ancoragem do novo conteúdo, sugere-se a utilização de organizadores prévios. Os organizadores prévios são um recurso instrucional de maior generalidade e com um alto grau de abstração que prepara o aluno para receber o novo conhecimento (MOREIRA, 2012). Estes organizadores podem se apresentar como analogias, favorecendo a criação de modelos mentais.

Ainda nos anos 80, Gentner e Gentner (1983) mapearam as estruturas cognitivas presentes na utilização de analogias no ensino de conceitos físicos. Dentre outros fatores, notaram que utilizar as estruturas mentais presentes na representação de situações já conhecidas como base cognitiva para a aprendizagem de novos conceitos torna o processo de compreensão mais eficaz. Ainda que este trabalho não tratasse especificamente da aprendizagem significativa, pode-se notar a presença de similaridades em suas abordagens do processo de aprendizado.

Sendo assim, para Moreira (1997), proporcionar uma AS pode ser considerado o objetivo do processo de ensino sob uma abordagem construtivista. Independentemente da metodologia utilizada, seria possível encontrar elementos correlatos àqueles presentes na aprendizagem significativa.

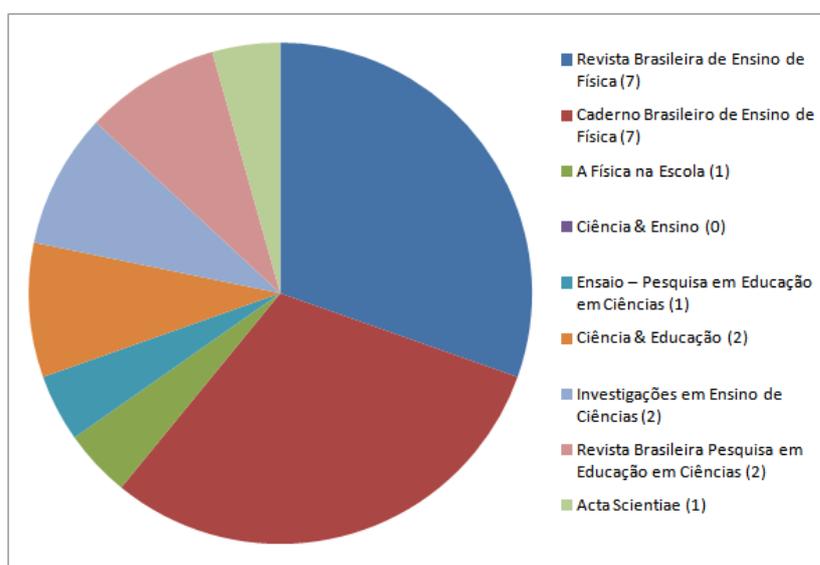


4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Foi realizada uma análise de artigos científicos que abordam o ensino de conceitos na área de Física como base para propiciar a construção de novos conhecimentos em sala de aula. Para isso, realizou-se uma pesquisa em diferentes bases de dados utilizando-se palavras chaves como “mudança conceitual”, “evolução conceitual”, “concepções alternativas”, “*misconceptions*” e “*conceptual change*”, restringindo o período das publicações analisadas entre 2005, ano do centenário da Física, e 2017. Além disso, dentre os trabalhos inicialmente escolhidos, foram analisados aqueles que apresentaram algum tipo de estudo de caso relatando a aplicação dos modelos mentais ou da evolução conceitual ao ensino de Física.

Os trabalhos foram buscados nas seguintes publicações científicas: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Acta Scientiae*, *A Física na Escola*, *Ciência & Ensino*, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, *Ciência & Educação*, *Investigações em Ensino de Ciências* e *Revista Brasileira Pesquisa em Educação em Ciências*. A figura 1 apresenta o número de artigos inicialmente encontrados em cada publicação.

FIGURA 1 - Número de artigos por publicação.



Fonte: Elaborado pelos autores.



Dos artigos encontrados, durante essa busca, foram selecionados aqueles que apresentaram estudos de caso sobre experiências que dão ênfase ao caráter conceitual do ensino de Física, convergindo para uma aprendizagem significativa. Os trabalhos coletados foram aplicados no Ensino Médio, no Ensino Superior, na Pós-Graduação e no Ensino de Jovens e Adultos.

5 O ENSINO CONCEITUAL DE FÍSICA

Ostermann (2005) elaborou um estudo acerca do uso de experimentos virtuais em uma turma do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), aplicando uma unidade didática sobre Física Quântica (FQ). Ao fugir do lugar comum, Osterman organizou os tópicos da disciplina com foco nas *analogias naturais* entre a FQ, a Óptica Ondulatória e a Mecânica de Schrödinger.

Utilizando-se de experimentos virtuais, bem como quadro-e-giz, a elaboração de uma unidade didática, que preze por uma abordagem proeminentemente conceitual, revelou-se como um avanço em relação às abordagens tradicionais, indicando ser possível a transposição didática da FQ para o Ensino Médio.

Uma intervenção na forma de minicurso foi ministrada por Colovan e Silva (2005) a alunos do Ensino Médio, tendo como tema o conceito de entropia. Os pesquisadores utilizaram questionários ministrados antes e depois do minicurso e compararam a qualidade das respostas dos alunos no intuito de verificar uma possível mudança conceitual.

A conclusão a que os mesmos chegaram, a respeito do trabalho, é a de que foi possível estabelecer um aprendizado significativo com base na melhora das respostas do pós-teste, mas que por uma série de fatores alheios à pesquisa não puderam verificar uma mudança profunda nos conceitos dos alunos. Os mesmos encerram o artigo ressaltando a importância da pesquisa sobre mudança conceitual com a expectativa de que o trabalho por eles apresentado possa servir de base para outras pesquisas na área.



Os autores Sia e Ribeiro-Teixeira (2006) ressaltam o caráter mecânico e maçante das coletas de dados em aulas experimentais, sugerindo que a aquisição automática de dados em atividades laboratoriais pode fazer com que os estudantes se foquem mais nos conceitos estudados. Sendo assim, foi elaborada uma atividade sobre a Lei de Resfriamento de Newton com o intuito de determinar o calor específico do alumínio e o calor latente de fusão da água aplicada em duas turmas do CEFET-RS. Os pesquisadores ressaltam que, utilizando-se dessa técnica, puderam evidenciar um maior engajamento dos alunos nos experimentos, bem como discussões a respeito dos conceitos estudados.

Moreira e Krey (2006) abordam os modelos mentais de Johnson-Laird em seu artigo sobre as dificuldades no aprendizado da Lei de Gauss. Setenta e quatro alunos universitários, cursando a disciplina Física Geral, responderam a um questionário sobre a Lei de Gauss, e suas interpretações pessoais da mesma foram utilizadas para mapear as dificuldades encontradas pelos estudantes sobre este tópico.

A categorização dos obstáculos apontou para dificuldades de interpretação do significado físico da Lei, dificuldades operacionais ao utilizá-la e dificuldades conceituais. Os autores apontam que tais dificuldades são causadas pelo não favorecimento à criação de modelos mentais sobre esse assunto. Com os livros didáticos e as aulas teóricas estimulando uma visão mecânica da Lei de Gauss, uma aprendizagem significativa da mesma se torna quase impossível.

Machado e Nardi (2006) publicaram os resultados de uma pesquisa sobre a formação de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência com o auxílio de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). A aplicação da ferramenta deu-se em uma turma de 10 alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública.



Os autores puderam constatar que a utilização de uma metodologia que utiliza preceitos da aprendizagem significativa, bem como o uso de ferramentas digitais provocou uma evolução nos conceitos desses alunos.

Becerra-Labra, Gras-Martí e Martínez-Torregrosa (2007) publicaram um trabalho que apresentou uma intervenção pedagógica que se utilizou de um estudo baseado em problemas para uma aprendizagem conceitual de Física. A pesquisa foi aplicada em três turmas de semestres iniciais dos cursos de Física e Agronomia, dividindo os alunos em dois grupos. O grupo experimental (GE) que assistiu às aulas focadas na aprendizagem baseada em problemas, e o grupo de controle (GC) que assistiu às aulas tradicionais.

Os resultados obtidos nos questionários evidenciam que os estudantes mostram uma avaliação positiva da metodologia baseada em problemas. Além disso, notou-se uma mudança positiva nas atitudes e nos interesses dos estudantes analisados. Os autores ainda afirmam que uma abordagem baseada em problemas proporciona uma significativa melhora na aprendizagem e no rendimento acadêmico, além de fomentar uma evolução nos conceitos prévios dos alunos.

O trabalho de Moreira, Massoni e Ostermann (2007) propõe uma mudança nas concepções dos alunos sobre a natureza da Ciência através do estudo da Epistemologia e da História da Física. Os alunos, nesse caso, são estudantes de Licenciatura em Física, e, portanto, futuros professores, matriculados na disciplina História e Epistemologia da Física.

Os resultados indicaram que o emprego de uma abordagem que se utilize da História e da Epistemologia da Física é capaz de contribuir de maneira significativa para uma evolução dos conceitos dos alunos sobre a própria Ciência, gerando professores reflexivos e críticos.

Barros e Bastos (2007) se apropriaram do Ciclo da Experiência Kellyana ao elaborarem uma intervenção didática para licenciandos em Física, nas disciplinas



de Física Moderna e Mecânica Quântica. O objetivo dessa intervenção era o de detectar possíveis concepções alternativas e possibilitar uma mudança conceitual dos mesmos sobre a difração de elétrons. Verificou-se que uma articulação entre as interpretações dos fenômenos quânticos levou a uma melhor e mais significativa compreensão do assunto.

Laburú, Gouveia e Barros (2009) investigaram as dificuldades conceituais no aprendizado de circuitos elétricos através de uma intervenção pedagógica. Nessa intervenção buscou-se estudar os desenhos produzidos pelos alunos como forma de evidenciar o entendimento dos mesmos acerca do tema, fugindo da utilização de símbolos oficiais. Evidenciou-se que o uso de desenhos é uma forma eficiente de ensinar circuitos elétricos, pois mostra onde se encontram as dificuldades conceituais dos alunos. Supõem também que preconizar o uso de símbolos oficiais no início da instrução pode gerar empecilhos adicionais ao aprendizado.

Nelson (2012) relata em seu artigo uma intervenção para demonstrar possíveis conflitos conceituais em um grupo de 201 alunos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Esses alunos são oriundos de diversos cursos superiores e estavam matriculados nas disciplinas de Mecânica Clássica ou Eletromagnetismo Clássico. A situação problema apresentada para os estudantes foi a de um corpo extenso que rola, sem deslizar, sobre uma rampa. O problema apresentado foi escolhido por poder englobar uma série de conceitos físicos a respeito da translação e rotação dos corpos, além do atrito, forças conservativas e trabalho.

Além do questionário, foram realizadas entrevistas com os estudantes para determinar, com maior clareza, a origem de suas dificuldades em compreender os conceitos envolvidos no problema. Os resultados apontaram uma série de concepções equivocadas trazidas pelos alunos, no entanto, o autor não procurou tecer críticas ou sugerir alternativas ao modelo de ensino tradicional, apenas relatou os resultados da observação.



Os autores Silva e Souza (2014) procuraram estabelecer uma sequência didática na qual o comportamento ondulatório da luz foi utilizado para dar uma nova abordagem ao estudo da luz no Ensino Médio. Tal abordagem diferencia-se da adotada pela maioria dos livros didáticos que apresentam a Óptica Geométrica e a Óptica Ondulatória em tópicos diferentes e separados, por alguns meses, no calendário letivo. O objetivo dessa intervenção foi o de constatar a mudança na visão dos alunos acerca do comportamento da luz e a influência desta mudança no estudo da difração e refração luminosas.

As aulas foram gravadas em áudio e foi possível notar uma evolução nas concepções da maioria dos alunos. A maior parte dos estudantes conseguiu demonstrar conhecimentos-em-ação de acordo com o que era esperado num momento posterior à intervenção.

Gonzales e Rosa (2014) buscaram investigar quais os benefícios que podem ser notados quando da utilização de um ambiente virtual de aprendizagem na Educação de Jovens e Adultos. Para promover uma mudança conceitual, o ambiente virtual foi elaborado com a utilização dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa para ensinar circuitos elétricos simples. Verificou-se que o material utilizado foi potencialmente significativo com os resultados da pesquisa mostrando uma evolução nas concepções dos alunos.

Gomes e Garcia (2014) aplicaram uma intervenção didática baseada na aprendizagem significativa em uma turma de EJA, com o intuito de verificar uma evolução conceitual sobre as ideias de energia. Constatou-se que uma abordagem interdisciplinar, por parte do professor, proporcionou uma melhor aprendizagem por parte dos alunos. Esses, por possuírem uma maior vivência prévia, têm uma vasta gama de ideias prévias. Ao final da intervenção, pôde-se evidenciar uma evolução conceitual pela análise das respostas, verificando-se também o não abandono das concepções, mas uma coexistência das mesmas com as novas ideias.



Louzada, Elia e Sampaio (2015) investigaram as dificuldades na aprendizagem de conceitos relacionados à energia térmica. Os sujeitos da pesquisa foram 151 alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública do Rio de Janeiro em 2010. Para atingir esse objetivo, os pesquisadores analisaram as concepções alternativas dos alunos no começo e ao fim de um ano letivo. Foi utilizado um questionário, adaptado para essa pesquisa, no intuito de colher as ideias intuitivas dos alunos.

A pesquisa buscou a validação do referido questionário, elaborado, originalmente, por pesquisadores australianos, como forma de acessar as concepções dos alunos. O trabalho também busca corroborar um método de ensino de Física baseado na modelagem computacional.

Pieper e Neto (2015) publicaram um estudo sobre a utilização de simuladores como instrumento para uma mudança conceitual no ensino de Eletromagnetismo. Os autores valem-se da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) para abordarem a utilização de *drivers*, pelos quais os alunos passam a interpretar o conhecimento adquirido. Os alunos foram apresentados a duas unidades didáticas: a primeira sobre a Lei de Faraday e a segunda sobre a Lei de Lenz, cada uma delas valendo-se do uso de simuladores virtuais.

Os três estudantes analisados responderam a um pré-teste e, ao final das unidades didáticas, administrou-se um pós-teste. Além disso, realizaram-se entrevistas antes e depois da aplicação das atividades. A análise dos dados obtidos possui um caráter qualitativo, na qual se procurou analisar os níveis de compreensão conceitual dos alunos. Os autores concluem que, se combinada a uma teoria de aprendizagem, a utilização de simuladores pode auxiliar o aprendizado de conceitos físicos.

López e Silva (2015) aplicaram uma metodologia *webquest* sob a ótica de três modelos teóricos: a Aprendizagem Significativa, os Modelos Mentais e a Teoria Sócio-Histórica. A intervenção foi ministrada em uma turma de Engenharia que



atendia a aulas de Eletromagnetismo. A pesquisa revelou que os modelos mentais iniciais dos alunos eram diversos, o que foi evidenciado pela gama de modelos empregados nas explicações do mesmo fenômeno. Notou-se também que as atividades na plataforma *webquest* proporcionam uma revisão recursiva desses modelos, fazendo com que os mesmos pouco a pouco se aproximem dos modelos científicos.

Fanaro, Elgue e Otero (2016) elaboraram uma sequência didática voltada para o ensino dos conceitos relativos à luz, enfatizando seu aspecto quântico. O objetivo foi o de promover e verificar a mudança conceitual, amparada pela Teoria dos Campos Conceituais, em estudantes do último ano do Ensino Médio. A sequência foi elaborada de modo a apresentar aos alunos a formulação pictográfica de Feynman como modo de introduzir conceitos de Física Quântica sem se ater a formalismos matemáticos em demasia. Notou-se que os estudantes não tiveram dificuldades em contextualizar os conceitos de reflexão e refração, no entanto, apresentaram dificuldades em trabalhar os Caminhos Alternativos de Feynman.

O artigo de Pereira (2016) traz uma proposta de análise teórica sobre a dinâmica das concepções no ensino de Ciências, baseando-se na noção de “distribuição conceitual” apresentada pelo próprio autor em um artigo prévio (PEREIRA, 2012). No ensino de Física Quântica, por exemplo, o mesmo sugere que as noções de concepções errôneas e corretas não podem ser encaradas como absolutas, uma vez que não existe uma interpretação uniformemente defendida para a mesma. O autor sugere fazer uso da discussão sobre assuntos controversos para estimular uma formação de professores de Ciências menos dogmáticos e mais dispostos a enxergar os assuntos sob novos aspectos.

No mesmo ano, Admiral (2016) elaborou um estudo sobre as dificuldades conceituais enfrentadas por estudantes de Física nos últimos períodos do curso. A pesquisa foi aplicada em 23 alunos do sexto, sétimo e oitavo períodos e buscou justificar uma maior atenção curricular ao desenvolvimento de conceitos físicos e matemáticos. Uma avaliação diagnóstica elaborada a partir do *Mechanics Baseline*



Test revelou que muitos dos alunos entrevistados apresentavam ideias de senso comum a respeito de conceitos científicos (ADMIRAL, 2016).

O autor ressalta que muitos dos estudantes não adquirem o nível adequado de entendimento dos conceitos envolvidos na elaboração de uma questão. Tais alunos não são capazes de avaliar com clareza o nível de dificuldade da mesma, bem como apresentam dificuldades na escolha dos métodos adequados de resolução. Uma possível solução apontada por Admiral (2016) seria uma abordagem dos conceitos matemáticos sob uma ótica específica do curso.

Pena e Teixeira (2017) tiveram como objetivo relatar a evolução das concepções dos alunos quanto à natureza das Ciências em uma disciplina de Evolução dos Conceitos da Física, aplicada em uma turma do primeiro semestre de um curso superior em Física. Os discursos dos estudantes acerca do tema foram analisados, bem como se formulou um questionário para avaliar as concepções iniciais dos mesmos sobre o tema principal. A mudança conceitual dos alunos foi fomentada pela utilização de materiais didáticos potencialmente significativos e pela adequação do discurso do professor. A conclusão à qual os autores chegam é a de que a introdução de uma perspectiva histórica e epistemológica da Ciência influencia positivamente as concepções dos estudantes sobre a natureza da mesma.

A seguir, o Quadro 1 apresenta um resumo das principais informações trazidas pelos artigos analisados nesta seção.

QUADRO 1 - Título, ano de publicação e resumo de informações dos artigos.

| Autores / Ano de Publicação | Nível de Ensino | Assunto | Recursos Educacionais / Teorias Utilizadas |
|------------------------------------|------------------------|-----------------|---|
| Ostermann (2005) | Mestrado | Física Quântica | Transposição didática |
| Colovan e Silva (2005) | Médio | Física Térmica | Aprendizagem Significativa |
| Sia e Ribeiro-Teixeira (2006) | Médio | Física Térmica | Coleta Automática de Dados |



| | | | |
|--|----------|--------------------------------------|---|
| Moreira e Krey (2006) | Superior | Eletromagnetismo | Mapeamento de Dificuldades Conceituais |
| Machado e Nardi (2006) | Médio | Física Moderna / Natureza da Ciência | TDIC / Aprendizagem Significativa |
| Becerra-Labra, Gras-Martí e Martínez-Torregrosa (2007) | Superior | Mecânica Clássica | Aprendizagem Baseada em Problemas |
| Moreira, Massoni e Ostermann (2007) | Superior | Filosofia e Epistemologia da Física | História da Física |
| Barros e Bastos (2007) | Superior | Física Moderna / Mecânica Quântica | Ciclo Kellyano |
| Laburú, Gouveia e Barros (2009) | Médio | Eletricidade | Representações Pictóricas |
| Nelson (2012) | Superior | Mecânica Clássica / Eletricidade | Mapeamento de Dificuldades Conceituais |
| Silva e Sousa (2014) | Médio | Óptica | Campos Conceituais |
| Gonzales e Rocha (2014) | EJA | Eletricidade | TDIC / AVA / Aprendizagem Significativa |
| Gomes e Garcia (2014) | EJA | Energia | Aprendizagem Significativa |
| Louzada, Elia e Sampaio (2015) | Médio | Física Térmica | TDIC / Questionário |
| López e Silva (2015) | Superior | Eletromagnetismo | TDIC / <i>Webquest</i> |
| Pieper e Neto (2015) | Médio | Eletromagnetismo | TDIC / Simuladores |
| Fanaro, Elgue e Otero (2016) | Médio | Óptica | Campos Conceituais |
| Pereira (2016) | Superior | Mecânica Quântica | Distribuição Conceitual |
| Admiral (2016) | Superior | Mecânica | Mapeamento de Dificuldades |
| Pena e Teixeira (2017) | Superior | Evolução de Conceitos Físicos | Aprendizagem Significativa / História da Física |

Fonte: Elaborado pelos Autores (2018).



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos artigos analisados neste trabalho, pode-se constatar que a maioria dos estudos foi conduzida no âmbito da formação de professores, ainda que nem todos o façam de maneira explícita. Apesar de alguns desses estudos se dedicarem apenas à análise das dificuldades conceituais ou das concepções alternativas trazidas pelo estudante do Ensino Superior, um número considerável busca a inserção de um ensino conceitual na formação do futuro professor de Física.

Os trabalhos aplicados no Ensino Médio buscam, em sua maioria, uma abordagem significativa de conceitos mais dificilmente assimilados pelos alunos. Os estudantes são então apresentados a metodologias que fogem do modelo meramente expositivo, fomentando um aprendizado menos mecânico e que possa expandir os ecossistemas conceituais dos mesmos. Desse modo, possibilita-se que haja uma sinergia entre campos similares do conhecimento.

A utilização das TDIC como ferramenta direta, ou como um meio que possa favorecer a evolução dos conceitos dos alunos, pode ser observada em muitos dos trabalhos analisados. A informática vem se apresentando como um instrumento capaz de facilitar o aprendizado, permitindo que o aluno possa se apropriar do conhecimento em seus próprios termos, levando à atribuição de um caráter pessoal a esse processo. Além disso, as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação podem exercer um papel positivo no desenvolvimento das capacidades cognitivas e lógicas dos alunos, sendo possível afirmar que as mesmas se mostram cada vez mais presentes em sala de aula.

Dos métodos utilizados na abordagem dos modelos mentais e de como ocorre a avaliação da mudança destas estruturas, o que mais se destacou foi a utilização de questionários. O uso de testes antes e depois da aplicação de uma intervenção pedagógica, apesar de ser uma maneira efetiva de apontar a eficácia de tal intervenção, já se mostrava como lugar comum neste tipo de pesquisa no começo dos anos 2000.



Elementos da aprendizagem significativa podem ser notados, em menor ou maior escala, em todos os trabalhos analisados. Alguns desses artigos chegam a apresentar a promoção de uma AS como objetivo central de suas práticas. Entre os anos de 2008 e 2013, apenas dois trabalhos preencheram os requisitos de seleção adotados por esta pesquisa de revisão bibliográfica. No entanto, pode-se constatar que nos últimos anos esse número vem crescendo, o que pode indicar uma maior preocupação por parte dos pesquisadores em abordar o ensino de Física de maneira mais significativa, promovendo a evolução dos conceitos trazidos pelos alunos.

Por fim, pode-se afirmar que o estudo das concepções e da evolução dos conceitos é útil ao se trabalhar com a formação de professores de Física. Ainda que muitos estudos não sejam focados especificamente no trabalho com licenciandos, ao serem definidas as principais dificuldades conceituais dos estudantes e exploradas suas maneiras de superar estas dificuldades, contribui-se para a criação de uma cultura de ensino crítico e conceitual.

Por fim, faz-se necessário que mais pesquisadores passem a fazer uso de técnicas avaliativas que possam identificar a evolução dos conceitos dos alunos relativos ao ensino de Física, contemplando esse processo ao longo da construção do conhecimento, a saber: o uso de entrevistas, produção de mapas conceituais, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos e outras metodologias ativas.



REFERÊNCIAS

- ADMIRAL, T. D. Dificuldades conceituais e matemáticas apresentadas por alunos de física dos períodos finais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 38, n. 2, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO).
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.11 ,n2: p.88-99, ago.1994.
- AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View**. [s.i.]: Springer Netherlands, 2000. 212 p.
- BARROS, M. A.; BASTOS, H. F. B. N. Investigando o Uso do Ciclo da Experiência Kellyana na Compreensão do Conceito de Difração de Elétrons. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1: p. 26-49, abr. 2007.
- BECERRA-LABRA, C.; GRAS-MARTÍ, A.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. La Física con una estructurada problematizada: efectos sobre el aprendizaje conceptual, las actitudes e intereses de los estudiantes universitarios. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 95-103, 2007.
- COLOVAN, S. C. T.; SILVA, D. A Entropia no Ensino Médio: Utilizando Concepções Prévia dos Estudantes e Aspectos da Evolução do Conceito. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 98-117, 2005.
- DISESSA, A. A. Knowledge in pieces. In G. Foreman & P. Pufall (Eds.), **Constructivism in the computer age** (pp. 49–70). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- DISESSA, A. A. Toward an epistemology of physics. **Cognition and Instruction**, 10(2/3), 105–225, 1993.
- D, ESTER LÓPEZ; C. RAFAEL SILVA. Transformación de los modelos mentales sobre los conceptos de fuerza y campo eléctrico mediante la metodología Webquest, en estudiantes universitarios de Ingeniería. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.2-31, 26 set. 2014. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- FANARO, M. A.; ELGUE, M.; OTERO, M. R. Secuencia para enseñar conceptos acerca de la luz desde el enfoque de Feynman para la Mecánica Cuántica en la Escuela Secundaria: un análisis basado en la teoría de los campos conceptuales. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.477-506, 8 set. 2016. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



GENTNER, D.; GENTNER, D. R. Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), **Mental Models** (pp. 99-129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

GOMES, A. T.; GARCIA, I. K. Aprendizagem Significativa na Eja: Uma Análise da Evolução Conceitual a Partir de uma Intervenção Didática com a Temática Energia. **Investigações em Ensino de Ciências** – V19(2), pp. 289-321, 2014.

GONZALES, E. G.; ROSA, P. R. S. Aprendizagem Significativa de Conceitos de Circuitos Elétricos Utilizando um Ambiente Virtual de Ensino por Alunos da Educação de Jovens e Adultos. **Investigações em Ensino de Ciências** – V19(2), pp. 477-504, 2014.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Kinds of mental representations---models, propositions and images---used by college physics students regarding the concept of field. **International Journal of Science Education**, 19(6), 711-724, 1997.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics. **Science Education**, V. 86 (1) Jan 2002 106-121, 2001.

LABURÚ, C. E.; GOUVEIA, A. A.; BARROS, M. A. Estudo de Circuitos Elétricos Por Meio de Desenhos dos Alunos: Uma Estratégia Pedagógica Para Explicitar as Dificuldades Conceituais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1: p. 24-47, abr. 2009.

LOSS, L.; MACHADO, M. L. Pressupostos teóricos e metodológicos da disciplina de física: experiências didáticas. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0210-2.pdf>.

LOUZADA, A. N; ELIA, M. F.; SAMPAIO, F. F. Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 37, n. 1, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MARKMAN, A. **Knowledge representation**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.



MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**, Brasília, Editora UNB, 1999.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de Física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

MOREIRA, M. A.; MASSONNI, N. T.; OSTERMANN, F. “História e epistemologia da Física” na licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

NELSON, O. R. Rolamento sem deslizamento: um exemplo ilustrativo capaz de mostrar muitos conflitos conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 3502, 2012.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos De Física Quântica na Formação de Professores: Relato de uma Experiência Didática Centrada no Uso de Experimentos Virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 9-35, abr. 2005.

PENA, F. L. A.; TEIXEIRA, E. S. Concepções sobre a Natureza da Ciência: a trajetória dos estudantes de uma disciplina sobre Evolução dos Conceitos da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.152-175, 5 maio 2017. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

PEREIRA, A. P. Bases Teóricas para um Modelo de “Distribuição Conceitual” na Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.671-692, dez. 2016.

PIEPER, C. F.; NETO, A. S. A. Evidências da emergência de drivers hiperculturais durante o aprendizado de conceitos de eletromagnetismo em alunos do Ensino Médio após a utilização de simulações computacionais. **Acta Scientiae**, v.17, n.3, set./dez. 2015.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66(2), 211–227, 1982.

RAPP, D. N. Mental Models: Theoretical Issues For Visualizations In Science Education. In: Gilbert, J. K. (Org.). **Visualization in Science Education**, 43 - 60, Springer, 2005.



REDISH, E. F. The implications of cognitive studies for teaching Physics. **American Journal of Physics**. 62(9):796–803, 1993.

ROBERTSON, W. C. Detection of Cognitive Structure with Protocol Data: Predicting Performance on Physics Transfer Problems. **Cognitive Science**. 14, 253-280, 1990.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. Resfriamento de um Corpo: A Aquisição Automática de Dados Propiciando Discussões Conceituais no Laboratório Didático de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3: p. 360-381, dez. 2006.

SILVA, J. A.; SOUSA, Célia M. S. G. O modelo ondulatório como estratégia de promoção da evolução conceitual em tópicos sobre a luz em nível Médio. **Ciência & Educação** (bauru), [s.l.], v. 20, n. 1, p.23-41, mar. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

Recebido em: 16/02/2018
Aprovado em: 30/05/2018

