



REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: POTENCIALIDADES A PARTIR DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

*LITERATURE REVIEW ON MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS EDUCATION
IN HIGH SCHOOL: POTENTIALITIES FROM SIGNIFICANT LEARNING*

Guilherme Salgueiro Goulart

Mestrando em Ensino de Física

Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Ensino de Física (PPGEMEF)

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

guilhermesalgueiro.g@hotmail.com

André Ary Leonel

Doutor em Educação Científica e Tecnológica

Grupo de Pesquisa Mídia-educação e Comunicação Educacional (COMUNIC)

Departamento de Metodologia de Ensino (MEN)

Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT)

Programa de Pós-graduação em Educação Matemática em Ensino de Física (PPGEMEF)

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

andre.leonel@ufsc.br

Resumo

Neste trabalho é apresentado o resultado de uma revisão da literatura relacionada ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio. Os artigos que compõem o corpus de análise dessa revisão estão compreendidos desde o ano de 2005 até 2018 e encontram-se disponíveis nos periódicos: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) e Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia (RBECT). Os trabalhos foram classificados em duas categorias, definidas a posteriori, a partir da utilização do método de Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977). A partir dessas categorias, verificaram-se quais estratégias didáticas vêm sendo utilizadas no ensino de FMC levando-se em consideração a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Com isso, é possível perceber que a TAS é utilizada como fundamentação teórica para o desenvolvimento de sequências de ensino que podem, ou não, seguir o referencial de Moreira (2011); quando o fazem, são denominadas de UEPS. Quando relacionadas ao ensino de FMC, é apontado pelos autores que a utilização dessas sequências de ensino, tendo por base esse referencial, auxiliam os estudantes a conseguirem compreender conceitos, muitas vezes abstratos, e constituírem a aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Teoria da Aprendizagem Significativa. UEPS.

Abstract

This paper presents the result of a literature review related to the teaching of Modern and Contemporary Physics (MCP) in high school. The articles that make up the corpus of analysis for this review are from 2005 to 2018 and were published in the journals: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Investigations in Science Education (ISE) and Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia (RBECT). The works were classified into two categories, defined posteriori, using the Content Analysis method (BARDIN, 1977). These categories supported the verification of the didactic strategies being used in the teaching of MCP, taking into consideration the Meaningful Learning Theory (MLT). With this, it is possible to realize that MLT is used as a theoretical foundation for the development of teaching sequences that may, or may not, follow Moreira's (2011) framework; when they do, they are called Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU). When related to MCP teaching, as pointed out by the authors, the use of these teaching sequences, based on this framework, helps students to understand often abstract concepts and to constitute meaningful learning.

Keywords: Modern and Contemporary Physics. Meaningful Learning Theory. Potentially Meaningful Teaching Units.

1 INTRODUÇÃO

A Física desenvolvida no século XX, embora bem consolidada, é um campo ainda preconizado se pensarmos no ensino de Física desenvolvido na educação básica brasileira, nas últimas décadas. Essa problemática, já no final da década de oitenta, foi discutida por Zanetic (1989) que, em sua tese de doutoramento, já clamava para o ensino da Física do século XX antes que ele acabasse. Terrazzan (1992, 1994) e Ostermann e Moreira (2000) já sinalizavam para a necessidade de se inserirem tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), modificando, assim, aquilo que estava posto no currículo da disciplina de Física ministrada no ensino médio.

Nesse sentido, há um entendimento sobre a importância de se inserirem essas discussões já nessa etapa de ensino, uma vez que elas auxiliam na compreensão de muitos fenômenos e das tecnologias atuais (TERRAZZAN, 1994). Esse entendimento é compartilhado por outros autores que também veem a necessidade de aproximação entre o cotidiano do estudante e os conteúdos trabalhados em sala de aula. Sendo assim, há de se considerar o ensino de Física em uma perspectiva de instrumentalização científica. Com isso, a disciplina passaria a servir de ferramenta para que o aluno consiga pensar e atuar sobre a sua realidade e não apenas mais um locus a preencher seu espaço cognitivo.

Embora sejam orientações, os Parâmetros Curriculares Nacionais servem como referência para as escolas de educação básica e apresentam readequações com base nas suas particularidades (PALMA FILHO, 1997). Em se tratando da disciplina de Física, esses documentos trazem uma série de habilidades e competências que ela deve cumprir. Dentre essas está: ‘Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos’. (BRASIL, 1999, p. 61). Esse é um dos argumentos utilizados por uma série de autores que justificam a inserção da FMC no ensino médio.

Entretanto, Maximiliano, Cardoso e Domingui (2013) expõem uma preocupação ao afirmarem que o ensino de FMC, no nível médio, apresenta um descompasso se comparada com o largo desenvolvimento científico e tecnológico vivenciado atualmente. Essa afirmação fica evidente a partir do exemplo citado pelos autores em que é dito ser impossível discutir com os estudantes sobre o desenvolvimento de tecnologias nucleares sem que eles tenham um conhecimento básico sobre Física Nuclear, reforçando a importância dos tópicos relacionados à FMC para o entendimento do desenvolvimento tecnológico atual e suas implicações na vida da sociedade.

A fragilidade no ensino de FMC também é abordada por Souza e Araújo (2010) que nos dizem que

[...] apesar de muitos livros didáticos trazerem esses tópicos, devido ao número reduzido de aulas de Física, esse tema geralmente acaba não sendo abordado e, quando isso ocorre, a abordagem se dá em um momento emocional desfavorável ao aluno, por ocorrer em final de ano, o que torna o material pouco útil para a abordagem necessária desses importantes tópicos. (idem, p. 204-205).

Essa afirmação coloca em evidência um problema já discutido em pesquisas anteriores: a necessidade de alteração curricular da disciplina nessa etapa de ensino (OSTERMANN e MOREIRA, 2000; TERRAZZAN, 1994). Contudo, a decisão de apenas inserir o conteúdo de FMC dentro de um currículo que já se encontra inchado e com uma carga horária que, muitas vezes, não contempla nem os conteúdos de Física Clássica (FC) não pode ser encarada como uma solução para o problema. Nesse sentido, deve-se realizar uma nova seleção de conteúdos

de forma a “enxugar” o atual currículo e trabalhar com conteúdos que venham, efetivamente, a contribuir com uma compreensão mais ampla de mundo por parte dos estudantes. Com base nessa perspectiva, não se pode mais lidar com um currículo que “continua se ocupando das alavancas, do plano inclinado, do MRU, e nada de Quântica, de Partículas, de Plasma, de Supercondutividade”, entre outras. (MOREIRA, 2017, p. 2).

Além disso, consideramos que tão importante quanto essa readequação curricular é pensarmos em estratégias de ensino que venham a potencializar o processo de ensino-aprendizagem. De nada adianta a realização de uma reestruturação curricular, sem que sejam negligenciadas práticas de ensino baseadas em uma aprendizagem que é puramente comportamentalista e que, na maioria das vezes, foca, demasiadamente, na resolução de equações matemáticas sem qualquer relação com os conceitos físicos (MOREIRA, 2017).

Nesse sentido, entende-se que as pesquisas em ensino de física possuem um papel crucial para que o ensino de FMC possa efetivamente ser desenvolvido dentro do ensino médio, entretanto, é importante destacar que se faz necessário redefinir o foco dessas pesquisas.

Em trabalho desenvolvido, Monteiro, Nardi e Filho (2009) apontam que, apesar de se ter um aumento considerável no número de pesquisas relacionadas à introdução de tópicos de FMC, há uma carência de trabalhos que vislumbrem métodos de abordagem e possíveis enfoques que deveriam ser dados ao serem trabalhados esses conceitos dentro do ensino médio. Com isso, acredita-se que continuar mirando pesquisas dentro dessa perspectiva acaba tornando-as sem sentido, tendo em vista que a temática já é parte integrante do currículo escolar, inclusive estando presente nos livros didáticos, conforme analisado por Domingui (2012).

A partir dessa compreensão, realizar-se-á revisão de literatura a partir de periódicos nacionais de ensino, compreendendo o período de 2005 a 2018, com o objetivo de identificar quais potencialidades estão associadas à utilização do referencial teórico da Aprendizagem Significativa para o ensino de FMC no contexto do ensino médio. A opção pelo recorte temporal em questão se deve ao fato de o ano de 2005 ser considerado pela UNESCO como o ano internacional da Física, em referência ao centenário de publicação dos cinco artigos de Albert Einstein, cujos impactos tornaram-se tão grandes que 1905 é considerado ano miraculoso da Física ou *annus mirabilis* de Einstein. Assim, os motivos para a comemoração do ano internacional da Física motivaram várias ações, pesquisas e publicações em torno da inclusão da FMC na educação básica.

2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ASPECTOS GERAIS

A aprendizagem é um processo complexo, que se diferencia conforme o tipo de abordagem a ela atribuída. De acordo com Moreira e Masini (1982), a aprendizagem, em linhas gerais, pode ser dividida em três ordens: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora.

A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A aprendizagem afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. [...] A aprendizagem psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por meio do treino e prática, mas alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras. (Idem, p. 151-152).

Na década de sessenta, David Ausubel (1918-2008) propõem uma teoria centrada na aprendizagem cognitiva (FELICETTI; PASTORIZA, 2015). Com efeito, o foco dessa teoria está, de acordo com Moreira (2011), no conceito de aprendizagem significativa, que pode ser entendido como um processo no qual um novo conhecimento se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, à estrutura cognitiva do indivíduo.

O termo não arbitrário advém do fato de que essa relação não se estabelece aleatoriamente, mas sim a partir de um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do aprendiz, denominado de subsunçor. Esse subsunçor servirá como âncora e possibilitará que o conhecimento pré-existente seja reorganizado em um nível maior de complexidade, adquirindo, então, novos significados e fazendo com que, enfim, o novo conhecimento se torne significativo (MOREIRA; MASINI, 1982).

É justamente a partir da identificação de elementos que suscitam a presença de um conhecimento significativo que partimos para a definição de substantividade, definida por Moreira (2011). De acordo o autor, uma vez que o conhecimento se torna significativo, sua essência passa a ser manipulada e partilhada, não mais reproduzida. Com isso, o conhecimento aprendido significativamente passa a “ser expresso de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados” (MOREIRA, 2011, p. 26).

Ronca (1994, p. 92) sintetiza a teoria da aprendizagem significativa dizendo que

O ponto de partida da teoria de ensino proposta por Ausubel é o conjunto de conhecimentos que o aluno traz consigo. A este conjunto de conhecimentos, Ausubel dá o nome de estrutura cognitiva e, segundo ele, é a variável mais importante que o professor deve levar em consideração no ato de ensinar. O professor deve estar atento tanto para o conteúdo como para as formas de organização desse conteúdo na estrutura cognitiva. O conteúdo que é assimilado pela estrutura cognitiva assume uma forma hierárquica, onde conceitos mais amplos se superpõem a conceitos com menor poder de extensão.

Dentro desse cenário, compreende-se que a existência de conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz é um elemento decisivo para que ocorra a aprendizagem significativa. Uma vez que estejam estabelecidos, e sejam estimulados, esses subsunçores vão se tornando mais estáveis e mais elaborados, com uma riqueza maior de significados, podendo suscitar a incidência de novas aprendizagens (MOREIRA, 2012). Cabe destacar que, por mais rico e elaborado que um subsunçor possa ser, ele pode passar por um processo chamado de obliteração (esquecimento). Não é por ter aprendido significativamente determinado conceito que este jamais será esquecido, isso é um processo natural denominado de assimilação obliteradora. É a partir da assimilação obliteradora (dormência) que esses conceitos podem ser resgatados, já que o significado do conceito apreendido se mantém na estrutura cognitiva do aprendiz.

A partir disso, Moreira (2012) define que “a clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo do tempo, ou melhor, das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento dinâmico, não estático, que pode evoluir e, inclusive, involuir” (idem, 2012, p. 04). Com isso, esse conhecimento passa por um processo de ressignificação que irá perdurar durante toda a trajetória de vida do sujeito, sofrendo sucessivas modificações ou fortalecimentos, a partir dos subsunçores já pré-estabelecidos.

Além da existência de conceitos subsunçores, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) citam que a pré-disposição em querer aprender e a utilização de materiais potencialmente

significativos também devem ser considerados quando utilizamos a perspectiva de uma aprendizagem significativa.

Felicetti e Pastoriza (2015, p. 4) reiteram esse pensamento afirmando que:

A condição para a existência de conceitos subsunçores (requisito 1) é que o indivíduo tenha uma experiência de vida, que tenha aprendido significativa ou mecanicamente alguma coisa, que tenha relacionado e assimilado algum conhecimento que teve acesso na sua estrutura cognitiva. No caso da manifestação explícita de aprender (requisito 2), segundo Moreira e Massini (2001), é preciso considerar que, por mais que haja estímulos, se o aprendiz não manifestar vontade de aprender não aprenderá significativamente. O material ser potencialmente significativo (requisito 3) quer dizer que ele pode se tornar substância de aprendizagem em uma estrutura cognitiva hipotética que possui antecedentes e que se situe dentro da capacidade humana de aprender. Também devem estar disponíveis na estrutura cognitiva do aluno conceitos subsunçores para os materiais potencialmente significativos

A partir disso, é importante destacar que a aprendizagem mecânica não é desconsiderada dentro do contexto da aprendizagem significativa. Segundo Moreira e Masini (1982, p.154) “[...] Ausubel define aprendizagem mecânica (ou automática) como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”. Conforme essa definição, é possível dizer que, segundo Silva e Schirlo (2014, p.40), “a aprendizagem mecânica é necessária para os estudantes, no caso da apresentação de conceitos novos, transformando-os, posteriormente, em aprendizagem significativa”.

Embora essa seja uma alternativa para existência de conceitos subsunçores, caso o aprendiz não os possua, Ausubel sugere que sejam utilizados organizadores prévios, a fim de que esses subsunçores sejam desenvolvidos (MOREIRA; MASINI, 1982). De modo geral, Rocha et. al (2018) nos diz que

Um organizador prévio nada mais é que um instrumento introdutório utilizado antes do material de aprendizagem propriamente dito, elaborado considerando um nível de abstração, generalidade e inclusividade maior, que deve funcionar como uma ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber, de forma que este material tivesse um significado potencial, ou também, para evidenciar a relacionabilidade e discriminabilidade entre estes conceitos. (ROCHA ET AL, 2018, p. 03)

Ainda, cabe destacar que, conforme Moreira (2008), o organizador prévio deve ser capaz de

- 1 – Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- 2 – Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- 3 – Promover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, promover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (Moreira, 2008, p. 03)

Esse organizador prévio possui como função vital fornecer subsunçores ao aprendiz, a fim de que ele consiga compreender o material potencialmente significativo. Nesse sentido, podemos dizer que os organizadores prévios são um elemento importante, embora nem sempre necessários, que trarão a subsistência ao instrumento chave para que ocorra a aprendizagem significativa: o material potencialmente significativo.

A condição de utilizar um material potencialmente significativo é um dos requisitos necessários para que ocorra a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2014). O desenvolvimento desse material é fundamental dentro da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), sendo que é a partir desse recurso didático, que reúne as estratégias didáticas previamente definidas, que o professor irá colocar em prática sua atividade de ensino.

Com base nessa perspectiva, Moreira e Masini (1982) explicitam dois conceitos importantes que irão auxiliar a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva pressupõe a ideia de que o conteúdo a ser ensinado deva ser organizado de maneira que os conceitos mais gerais e inclusivos sejam apresentados ao aprendiz, em um primeiro momento, de modo que, progressivamente, ele estabeleça distinções por meio de conceitos específicos que serão apresentados em outro momento (MOREIRA; MASINI, 1982). Já a reconciliação integrativa deve ser estabelecida a partir das relações entre os conteúdos já estudados e aqueles que serão trabalhados a partir do material potencialmente significativo (SILVA; SCHIRLO 2014).

3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), desenvolvidas pelo professor Marco Antônio Moreira, são sequências de ensino fundamentadas teoricamente na teoria da aprendizagem significativa (TAS) de David Ausubel (MACIEL, 2016) e elas têm por objetivo facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. (MOREIRA, 2011).

Cabe destacar, ainda, um aspecto característico das UEPS e que lhes atribui um caráter de univocidade, o fato de elas serem estruturadas a partir de oito passos, descritos por Moreira (2011), que trazem em seu bojo uma estrutura organizada e sistematizada, em um nível crescente de complexidade, de estratégias de ensino interdependentes que podem vir a auxiliar o aprendiz na apropriação de conceitos sob uma ótica crítica e participativa dentro do processo de ensino e aprendizagem.

A seguir trazemos, de forma resumida, os oito passos descritos por Moreira (2011) para a elaboração de uma UEPS:

1. Definir os conceitos que serão abordados pela UEPS; 2. Propor situações em que o aprendiz possa externalizar seu conhecimento prévio relevante ao tópico de estudo definido anteriormente; 3. Propor situações-problemas em nível introdutório; 4. Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando-se em conta a diferenciação progressiva, ou seja, partindo de aspectos gerais para os mais inclusivos; 5. Retomar os aspectos estruturantes do conteúdo, em nível maior de complexidade, enfatizando suas semelhanças e diferenças; 6. De forma a concluir a unidade, deve-se retomar os aspectos mais relevantes e gerais trabalhados nas etapas anteriores, buscando a reconciliação integrativa e, após esse processo, apresentar novas situações problemas em um nível maior de complexidade; 7. Realizar a avaliação da aprendizagem ao longo do processo de implementação da UEPS, registrando tudo que possa dar indícios de uma eventual aprendizagem significativa; 8. Se, a partir dos registros, houver indícios de aprendizagem significativa a UEPS será considerada exitosa.

A partir desses passos, percebe-se que essas sequências de ensino funcionam como um auxílio ao planejamento do professor, pois reúnem elementos tanto organizacionais, como procedimentais e avaliativos; todos estruturados dentro da TAS. Nesse sentido, Maciel (2016)

costura esse pensamento dizendo que esse recurso é um instrumento didático brilhante, criado de professor para professor, que, se utilizado nesses moldes, pode favorecer a aprendizagem significativa por parte dos estudantes e, com isso, auxiliar os professores em sua tarefa diária: o processo de ensino.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico deste estudo pode ser dividido em duas etapas: i) a pesquisa realizada nas revistas e ii) o processo de análise dos artigos considerados. A etapa de análise está ancorada na utilização da técnica de Análise de conteúdo (AC), desenvolvida por Bardin (1977). De acordo com Ferreira e Loguecio (2014) essa técnica consiste em um “instrumento de exploração interpretativa de documentos de diversas naturezas, procedida por técnicas que visam à organização e à sistematização de unidades textuais para a evidenciação de núcleos de sentido, a exemplo de temas, conceitos e significados”. (FERREIRA; LOGUECIO, 2014, p. 33).

Cabe ressaltar que algumas pequenas adaptações ao método foram realizadas. A adaptação a que nos referimos está no fato de, ao realizarmos a leitura flutuante dos artigos que compõem o *corpus*, realizamos pequenos resumos (Exemplo: Quadro 2) que serão os textos considerados no processo de categorização. Portanto, as categorias não emergem dos textos “originais”, mas sim dos resumos desenvolvidos pelos autores deste artigo. Todavia, destacamos que, em nenhum momento, essas alterações influenciaram a etapa de análise dos dados, propriamente dita.

A seguir, iremos detalhar as etapas que correspondem ao processo desenvolvido.

4.1 DEFININDO OS ARTIGOS QUE IRÃO COMPOR O PROCESSO DE ANÁLISE

O conjunto de artigos que irão compor essa etapa da pesquisa é oriundo de revistas nacionais, relacionadas ao Ensino de Física/Ensino de Ciências que contêm qualis A1 ou A2 dentro da área de ensino. É importante destacar que essa seleção ocorreu a partir da classificação de periódicos da CAPES (Quadriênio 2013-2016) disponível na plataforma Sucupira. A partir desses critérios, chegamos aos periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) e Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia (RBECT).

A RBEF, de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, apresenta qualis A1 na área de Ensino, tendo, portanto, conceito máximo em relação aos critérios de avaliação instituídos pelo órgão. Assim, de acordo com Bortoletto et al. (2007)

A Revista Brasileira de Ensino de Física, anteriormente, denominada Revista de Ensino de Física (REF), foi lançada em 1979, durante o Simpósio de Ensino de Física pelo Prof. João Zanetic, sendo este o primeiro editor. A partir de 1989, o Prof. Marco Antônio Moreira assume a posição de editor chefe, e, em 1992, o periódico adota a denominação Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF). (BORTOLETTO ET AL, 2007, p. 07)

Essa revista é mantida pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e está voltada à melhoria do Ensino de Física em todos os níveis de escolarização, possuindo publicações trimestrais, sendo dirigida a pesquisadores, alunos de pós-graduação e professores de Física de nível médio e superior (RBEF, 2019). Tendo em vista sua abrangência e qualidade de publicações, refletida

na classificação do periódico, é imprescindível, ao nosso ver, que ela contemple o escopo dessa pesquisa.

O CBEF, de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, apresenta qualis A2 na área de Ensino, sendo, portanto, um veículo de produção científica com grande relevância para a área de Ensino de Física. Além disso, segundo Bortoletto et al. (2007), essa revista

[...] procura contemplar um público formado por professores de Física da escola secundária e cursos de formação de professores. É “um periódico quadrimestral, arbitrado, indexado, de circulação nacional [...] voltado prioritariamente para o professor de Física da escola secundária e para os cursos de formação de professores. (BORTOLETTO ET AL., 2007, p. 8)

A partir disso, vemos que esse periódico está ancorado e direcionado à publicação de docentes de Física da educação básica e cursos de formação de professores. Logo, esperamos que o número de trabalhos significativos para essa pesquisa seja maior, tendo em vista que nosso objetivo dialoga diretamente com o foco de publicações da revista em questão.

A IENCI é uma revista internacional de publicação quadrimestral, indexada, e voltada exclusivamente para a pesquisa na área de ensino/aprendizagem de ciências (Física, Química, Biologia ou Ciências Naturais, quando enfocadas de maneira integrada) (IENCI, 2019). Embora não seja um periódico específico da área de ensino de Física, o veículo além de possuir, de acordo com a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, qualis A2, foi criado pelo professor Marco Antônio Moreira (NARDI, 2005), um dos referenciais teóricos desse trabalho. Acreditamos que, em razão dessa relação de proximidade do professor Moreira com a revista, possa haver um contingente maior de artigos que se enquadram dentro dos objetivos desta pesquisa, justamente pelo fato de ele ser um dos precursores da TAS e o propositor da UEPS (MOREIRA, 2011). Com isso, consideramos ser de extrema valia incluirmos essa revista para compor o *corpus* a ser analisado nessa revisão de literatura.

Por fim, a RBECT apresenta, conforme a classificação de periódicos da CAPES, quadriênio 2013-2016, qualis A2, tendo como finalidade divulgar pesquisas cujo foco seja a Educação, em especial o processo de ensino-aprendizagem, resultante de uma ação reflexiva, crítica e inovadora para a atuação profissional do docente, de modo a auxiliar na produção de conhecimentos e de novas estratégias pedagógicas, abrangendo as seguintes áreas: Ensino de Ciências, Ensino de Biologia, Ensino de Química, Ensino de Física, Ensino de Matemática, Ensino nas Engenharias e Tecnologias no Ensino (RBECT, 2019).

Conforme o objetivo da revista, percebe-se que ela tem como foco publicações que relacionem o processo de ensino-aprendizagem a partir de novas estratégias de ensino. Essa concepção vai ao encontro do objetivo desta pesquisa, ao passo que entendemos a utilização de UEPS como uma estratégia de ensino recente, tendo em vista que ela foi proposta por Moreira apenas no ano de 2011. Como visamos estabelecer uma relação entre a utilização de UEPS no ensino de FMC, torna-se justificável a escolha da revista em questão.

4.2 PESQUISA REALIZADA NAS REVISTAS

As revistas citadas anteriormente possuem um mecanismo de busca próprio que possibilita ao pesquisador navegar pelo conteúdo dos periódicos e selecionar os artigos de seu interesse com base na utilização de um motor de busca apropriado e definido de acordo com os objetivos de sua pesquisa. Para Buchinger, Cavalcanti e Hounsell (2014),

[...] entende-se que “motor de busca” é um algoritmo eficiente para vasculhar bases de dados e que “mecanismo de busca” é a composição de site, motor de busca, recursos de interface e conjunto de bases de dados que cobrem uma determinada área do conhecimento, visando a facilitar a identificação de materiais específicos e relevantes. (BUCHINGER; CAVALCANTI; HOUNSELL, 2014, p. 109)

A partir desse entendimento, exemplificamos, com base na Figura 1 abaixo, o mecanismo de busca utilizado pela revista CBEF.

Figura 1 – Mecanismo de busca CBEF

Fonte: Os autores, 2019.

Cabe destacar que a revista IENCI e a RBECT possuem um mecanismo de busca constituído com os mesmos elementos que são ilustrados na Figura 1 e, portanto, achamos redundante ilustrá-los.

Outro aspecto que merece destaque está no fato de que, antes de colocarmos o motor de busca no campo “pesquisa”, disponível no mecanismo de busca da revista, se manteve o campo “Escopo da Busca” em “Todos”. Desse modo, ao se efetuar esse processo, garante-se que a busca no banco de dados da revista irá considerar a palavra pesquisada no âmbito do resumo, autor, título, termos indexados e texto completo dos artigos.

Entretanto, ao ser realizada a investigação na RBEF, observou-se que ela faz uma distinção entre dois períodos específicos que estão disponíveis na plataforma da revista. Com efeito, quando o pesquisador seleciona a opção “Arquivo - 1979 até 2001”, é direcionado a uma página, dentro do site da revista, que contém um mecanismo de busca próprio. Entretanto, as edições publicadas a partir de 2001, encontram-se alojadas no SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) em uma área específica para a revista.

Ademais, como esta revisão da literatura está estruturada a partir de 2004, tornou-se necessário utilizar o segundo mecanismo de busca citado.

Na sequência, para se realizar a investigação dos artigos, utilizamos o campo “*Subject*” que nos leva até uma seção em que aparece um mecanismo de busca no qual deve ser inserido cada um dos três motores de busca para que a ferramenta possa encontrar trabalhos dentro da coleção de biblioteca da revista. A Figura 2 abaixo ilustra como essa ferramenta é apresentada aos pesquisadores.

Figura 2 – Mecanismo de busca da RBEF com periódicos publicados a partir de 2001

Scielo

issues articles search

all previous current next author subject form home

Revista Brasileira de Ensino de Física
ISSN 1806-1117

Banco de dados: artigo Assunto do índice

Digite palavra ou início da palavra:

[show index](#)

ou selecione a letra inicial

012...	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X	Y	Z											

Fonte: Os autores, 2019.

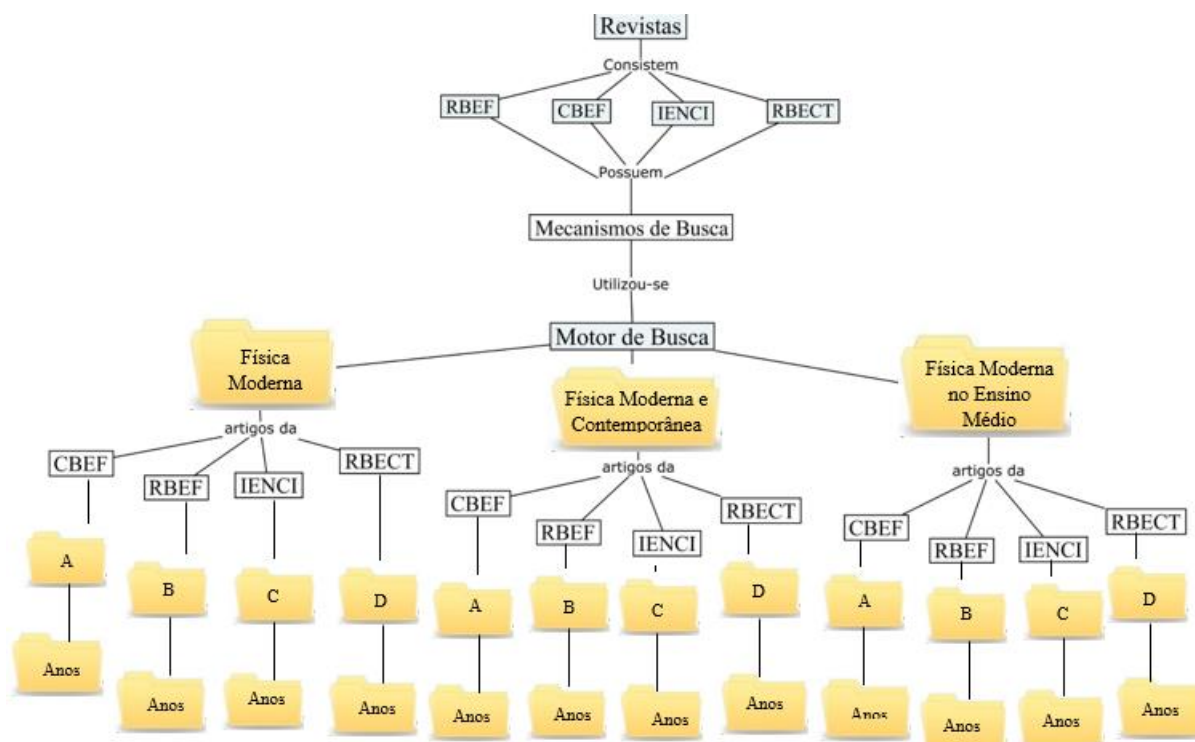
Como forma de favorecer a fidedignidade da pesquisa, optou-se por utilizar três diferentes motores de busca. São eles: **Física Moderna**, **Física Moderna e Contemporânea e, por fim, Física Moderna no Ensino Médio**. Cada motor de busca gerou um contingente de artigos proveniente da revista na qual ele foi pesquisado. Com base nisso, criamos três pastas, cada uma com o nome específico de um motor de busca e, assim, alocamos os artigos dentro da pasta que corresponde à palavra de busca que possibilitou esse encontro. Após esse processo, foram criadas, no interior dessas pastas, quatro subpastas independentes, sendo que cada uma delas foi intitulada de pasta fonte, contendo um marcador¹ característico de todos os artigos que a integram. Nesse sentido, os artigos foram distribuídos dentro de cada subpasta de acordo com a revista de onde foram extraídos.

Por fim, foi realizada uma reorganização desses periódicos, sendo que, em cada uma das subpastas, foram criadas pastas internas, denominadas de receptáculo². Sendo assim, a cada ano, de 2005 a 2018, corresponde um receptáculo que abriga, exclusivamente, artigos provenientes de uma mesma fonte/revista que serão representados pela seguinte simbologia: **Marcador + Número**. Esse processo foi realizado para que possamos identificá-los dentro de cada um dos receptáculos.

A seguir, como forma de facilitar o entendimento por parte do leitor, ilustramos o processo desenvolvido na Figura 3 abaixo:

¹Os marcadores utilizados foram as letras: A, B, C e D que correspondem às revistas/pastas CBEF, RBEF, IENCI e RBECT.

²Cada pasta interna é considerada um receptáculo e abrigará um ou mais artigos de uma mesma pasta fonte.

Figura 3 – Diagrama resumindo o processo desenvolvido

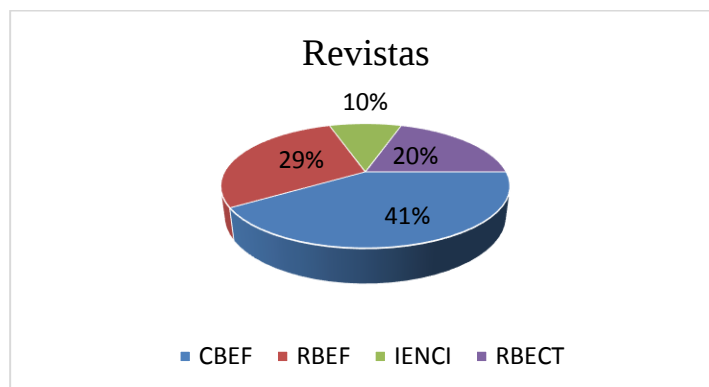
Fonte: Os autores, 2019.

Ao final dessa etapa, tem-se um contingente robusto de artigos. Entretanto, muitos desses periódicos se repetem dentro dos receptáculos, ao passo que utilizamos três motores de busca que, embora diferentes, compartilham certa similaridade. Esse processo foi importante, pois permitiu ao pesquisador se certificar que nenhum dos trabalhos “fugiu” de seu campo de busca. Entretanto, ao ser efetuado, são gerados resíduos³ que podem ser contornados a partir da etapa de cruzamento. Essa etapa consiste em realizarmos uma comparação entre os artigos que possuem o mesmo marcador, contidos em cada pasta fonte. Com isso, os resíduos podem ser descartados e o pesquisador consegue identificar o material final a ser analisado.

O total de artigos mapeados, após o processo anterior, correspondeu a 93 trabalhos. Destes, 38 estão contidos no CBEF, 27 na RBECT, 19 na RBEF e 9 na IENCI. O percentual correspondente a essas publicações é dado a partir do gráfico abaixo:

³Artigos repetidos decorrentes de diferentes motores de busca.

Figura 4 – Gráfico representado a distribuição dos artigos de acordo com as revistas pesquisadas



Fonte: Os autores, 2019.

A fim de iniciarmos o processo de filtragem e chegarmos aos artigos de nosso interesse, ou seja, àqueles que dialogam com os objetivos da pesquisa, estabelecemos alguns critérios de inclusão/exclusão. Os critérios estabelecidos são descritos a seguir:

- 1) Os artigos devem, obrigatoriamente, ser destinados ao Ensino de FMC no nível médio.
- 2) Durante a leitura do resumo de cada um dos artigos, deve-se ter, no mínimo, um dos três novos motores de busca (**Aprendizagem Significativa, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e Ausubel**) já pré-estabelecidos.

A partir destes dois critérios de inclusão, chegou-se ao total de sete trabalhos, os quais serão apresentados no quadro abaixo e analisados no próximo tópico.

Quadro 1 – Representativo dos artigos considerados de cada revista

Revista	Título e ano do periódico	Autores	Símbolo utilizada
Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Código A)	Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: Uma ferramenta para a aprendizagem do efeito fotoelétrico (2012)	Stenio Octávio de Oliveira Cardoso e Adriana Gomes Dickman	T1
Revista Brasileira de Ensino de Física (Código B)	Construção de conceitos de Física Moderna sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia (2006)	Daniel Iria Machado e Roberto Nardi	T2
Revista Brasileira de Ensino de Física (Código B)	A produção de raios x contextualizada por meio do enfoque CTS*: Um caminho para introduzir tópicos de FMC** no ensino médio (2010)	Adão José de Souza e Mauro Sérgio Teixeira de Araújo	T3
Investigações em Ensino de Ciências (Código C)	Proposta de inserção de tópicos de Física de partículas integrada ao conceito de carga elétrica por meio de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (2014)	Lisiane Barcellos Calheiro e Isabel Krey Garcia	T4

Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	Estudo de representações sociais sobre Física Quântica (2009)	Thaís Rafaela Hilger, Marco Antonio Moreira e Fernando Lang da Silveira	T5
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: Um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa (2011)	Alex Lino e Polônia Altoé Fusinato	T6
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (Código D)	Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (2016)	Daniela Schittler e Marco Antonio Moreira	T7

Fonte: Os autores, 2019.

4.3 ANÁLISE DOS ARTIGOS CONSIDERADOS

Os trabalhos encontrados, expostos no quadro 1, foram então submetidos à técnica de AC⁴ (BARDIN, 1977). De acordo com esse referencial, esse método de análise compreende três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados.

A primeira fase, a pré-análise, pressupõem aquilo que a autora denomina como sendo a organização preliminar da pesquisa. Nesta etapa, segundo Bardin (1977), deve ocorrer: a leitura flutuante, a escolha dos documentos a serem analisados, a formulação de hipóteses e objetivos, bem como também a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final do pesquisador (BARDIN, 1977, p. 95). Com isso, é compreensível dizermos que é nessa etapa que se estabelece um esquema de trabalho preciso e bem definido, porém, cabe ressaltarmos que ele deve apresentar certa maleabilidade.

A partir da escolha dos documentos a serem analisados, apresentada anteriormente, realizamos a leitura flutuante dos trabalhos encontrados, sendo que, após esse processo, o artigo T5 foi descartado por apresentar um objetivo diferente daquele proposto nesta revisão de literatura. Esse artigo se propõe a identificar as representações que estudantes de ensino médio possuem acerca da Física Quântica, o que diverge de nosso objetivo que é identificar quais as potencialidades associadas à utilização do referencial teórico da Aprendizagem Significativa para o ensino de FMC no contexto do ensino médio. Com isso, chegamos ao *corpus* de análise que é composto, agora, pelos seis artigos restantes (T1, T2, T3, T4, T6 e T7).

A segunda fase da AC é a parte em que começamos o processo de operações de codificação. Nessa etapa, o texto deve ser fragmentado pelo pesquisador, de forma a gerar as chamadas unidades de registro (palavras, frases ou parágrafos). Com base nessas unidades, palavras-chave vão sendo percebidas e, portanto, deve-se organizá-las a partir de indicadores ou temas. A seguir, levando-se em conta as similaridades ou frequência com que esses temas se repetem, deve ser feito novo agrupamento de forma a originar as categorias iniciais. Essas categorias iniciais, após nova aglutinação por conta de temas similares, darão origem a categorias intermediárias que, ao apresentarem correlações, devem ser sistematizadas em categorias finais que possibilitem ao pesquisador fazer inferências sobre o fenômeno em questão (FOSSÁ, 2003).

⁴Técnica de Análise de Conteúdo desenvolvida por Bardin (1977)

Para dar início à fase de exploração do material, buscamos identificar, a partir das hipóteses preliminares decorrentes da leitura flutuante realizada, possíveis categorias emergentes. Como forma de facilitar esse processo de categorização, ao passo que foram lidos os artigos, foi feito um pequeno resumo de cada um dos trabalhos que compõem o *corpus de análise*, sendo que eles devem apresentar: o objetivo do artigo, a metodologia de ensino utilizada no trabalho, os resultados e considerações inferidas pelos autores e, um item, denominado de “dificuldades evidenciadas a partir da leitura dos artigos”. Esse último item, chamamos a atenção, é subjetivo a nossa interpretação, não retratando, portanto, um elemento do texto originalmente escrito pelos autores.

A seguir, trazemos um exemplar de um dos resumos realizados:

Quadro 2 – Resumo realizado pelos autores

Título: Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: Uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico
Ano de publicação: 2012
Autores: Stenio Octávio de Oliveira Cardoso e Adriana Gomes Dickman
Objetivo: Busca-se, neste trabalho, dar um embasamento teórico à utilização das simulações computacionais mediadas pelo computador, e através de um roteiro de aula inserir a simulação como ferramenta de ensino de física, na tentativa de proporcionar uma aprendizagem efetiva.
Resultados e considerações: O trabalho evidencia que, a partir da atividade desenvolvida, foi possível verificar uma nítida motivação por parte dos estudantes ao manipularem o simulador. Além disso, é destacado que, com base na análise do teste final, é perceptível o ganho no grau de inclusividade dos conceitos trabalhados com os estudantes.
Metodologia de Ensino: Foi utilizada uma sequência de atividades (instruções) que possibilita aos estudantes manipularem o simulador computacional disponível no PhET.
Dificuldades evidenciadas a partir da leitura: O trabalho foi desenvolvido a partir de um curso ministrado com dez estudantes do terceiro ano do ensino médio. Destes, três acabaram desistindo. As estratégias didáticas desenvolvidas foram direcionadas apenas ao conceito de efeito fotoelétrico. Além disso, os autores trazem algumas sugestões de modificação das atividades propostas como, por exemplo: inserção de uma pequena revisão sobre notação científica e uma questão no questionário final que relacione o efeito fotoelétrico ao funcionamento dos postes de iluminação noturna.

Fonte: Os autores, 2019.

Com base nas similaridades apresentadas pelos trabalhos quanto aos objetivos e à metodologia de ensino, foram definidas, *a posteriori*, duas categorias: **i) Utilização de estratégias de ensino adaptadas ou construídas para ensinar FMC; ii) Utilização de UEPS no ensino de FMC.**

Os artigos que trazem como elemento principal a implementação de uma ou mais sequência(s) de ensino que não esteja(m) estruturada(s) a partir dos oito passos descritos por Moreira (2011) são enquadradas dentro da primeira categoria. Consequentemente, aqueles trabalhos que seguem as etapas descritas por Moreira (2011) encontram-se dentro da segunda categoria.

Cabe destacar ainda que, conforme previsto na AC, cada um dos artigos está contido em apenas uma das categorias citadas, não sendo possível, portanto, que ele integre mais de uma categoria. Desse modo, destacamos que os artigos foram aglutinados dentro da categoria que se aproximava mais de acordo com seus objetivos e metodologia.

Por fim, adentramos na última fase da AC que consiste no tratamento e validação dos dados brutos dos quais o pesquisador está de posse. Nesse sentido, ele deverá torná-los significativos a partir de inferências e interpretações que lhe possibilitem captar não apenas a

superficialidade contida no texto, mas sim o seu conteúdo latente, antes implícito no texto original (BARDIN, 1977). Essa etapa irá constituir os principais resultados contidos em cada uma das categorias emergentes. Nesse sentido, trazemos, no subtítulo a seguir, uma discussão mais aprofundada acerca de cada categoria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme exposto anteriormente, os artigos foram dispostos em duas categorias distintas (*i*) e (*ii*). Os trabalhos T1, T2, T3 e T6, integram a categoria (*i*) e, conseqüentemente, o restante (T4 e T7) pertencem a categoria (*ii*)

5.1 UTILIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO ADAPTADAS OU CONSTRUÍDAS PARA ENSINAR FMC

Os artigos classificados dentro dessa categoria apresentam similaridades quanto à utilização da TAS, sendo que, em T1, T2 e T3, a teoria é utilizada como forma de embasar teoricamente o produto educacional desenvolvido pelos autores dos respectivos trabalhos.

No artigo T1, por exemplo, os autores desenvolvem uma sequência didática estruturada a partir de um simulador computacional desenvolvido pelo grupo PhET, para verificar se ela apresenta potencial para contribuir no ensino do fenômeno do Efeito Fotoelétrico. Essa sequência foi aplicada em turno inverso, com dez estudantes do 3º ano do Ensino Médio e as etapas que constituíram esse produto didático são: (1) Pré-teste; (2) Organizadores prévios; (3) Aplicação da simulação com roteiro de estudo; (4) Organizador explicativo; (5) Teste final.

No trabalho T2, os autores desenvolvem um software educacional que emprega hipermídia, para trabalhar o conceito de relatividade e fenômenos nucleares, atrelado a aspectos históricos, filosóficos, tecnológicos, sociais e ambientais da Ciência. Com relação ao recurso, ele é organizado a partir dos seguintes módulos: (a) Visão Inicial; (b) Teoria da Relatividade; (c) Tecnologia & Sociedade; (d) História da Ciência; (e) Ciência & Filosofia; (f) Fronteiras da Ciência (NARDI; MACHADO, 2006). Como forma de avaliar o produto educacional, também é proposta uma sequência didática, desenvolvida em turno inverso com dez estudantes do terceiro ano do ensino médio.

No trabalho denominado de T3, os autores utilizam algumas estratégias didáticas, desenvolvidas para introduzir a temática de produção de raios X e radioproteção junto à trinta estudantes do 2º ano do Ensino Médio, da rede particular de ensino. Embora não se constituam como um produto educacional, essas atividades são estruturadas com base na TAS.

Na pesquisa desenvolvida em T6, os autores trabalham na perspectiva de introduzir a FMC a partir dos limites da FC. As atividades são desenvolvidas com estudantes do 2º ano do Ensino Médio, no entanto não são aprofundadas questões relacionadas às atividades de ensino utilizadas durante o processo de investigação o que dificulta maiores inferências sobre esse trabalho. Entretanto, em alguns pontos do texto, os autores trazem elementos que suscitam a utilização de atividades que derivam de concepções fundamentadas na TAS, o que justifica sua inserção nessa categoria. Como exemplo, trazemos o seguinte trecho:

Para a aprendizagem significativa foi levado em consideração, inicialmente, a premissa de que o material que deveria ser apresentado para os alunos fosse potencialmente significativo, ou seja, que este material permitisse que os alunos estabelecessem as relações existentes entre os conceitos prévios e os novos conceitos a serem aprendidos. Outro ponto importante da preparação, que se levou em consideração, foi o de que se pode perceber os significados dos conceitos mais facilmente quando o material é apresentado partindo de conceitos mais gerais e progressivamente especificando-os. (LINO; FUSINATO, 2011, p. 81)

Outro aspecto constante em todos os artigos que compõem essa categoria está no fato de que eles trabalham na perspectiva de inserção da FMC tendo por base a utilização de recursos tecnológicos, como por exemplo, o uso de simulador computacional (CARDOSO; DICKMAN, 2012; LINO; FUSINATO, 2012) ou a construção de um software educacional (MACHADO e NARDI, 2006). Esse é salientado a partir da importância atribuída por T1 e T2 que ao apresentarem seus resultados destacam de forma sistemática o quanto as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são instrumentos que auxiliam tanto no processo de aprendizagem quanto na motivação dos alunos frente às atividades.

A questão relacionada à utilização das TIC é também apresentada por T4. Entretanto os autores versam sobre a habilidade que os estudantes demonstraram ao desenvolverem os seminários propostos. Nesse aspecto é observada a utilização de diferentes ferramentas computacionais por parte dos alunos durante a elaboração dos seminários o que, na ótica dos autores, suscita a possibilidade de serem trabalhados outros tópicos de FMC a partir dessa mesma perspectiva (SOUZA; ARAÚJO, 2010).

Outro ponto relevante e que se faz presente nos artigos consiste no fato de todas as estratégias didáticas desenvolvidas ocorrerem no formato do que os autores denominam como “cursos”. Esses cursos se caracterizam, a nosso ver, como atividades pontuais, já que são desenvolvidas com os alunos em um período complementar ao seu turno de aula ou no contraturno. Nesse sentido, é interessante salientar que não há garantia de que as atividades desenvolvidas tenham uma continuidade.

Como forma ilustrativa, trazemos um extrato do curso desenvolvido por T1:

A sequência de atividades foi aplicada a alunos do Ensino Médio do Instituto Regina Pacis – IRP, da cidade de Sete Lagoas (MG). Entre os alunos das turmas de terceiro ano, elaborou-se uma lista daqueles que estariam interessados em participar, e através desta, foram sorteados dez alunos. Anteriormente ao sorteio, os sessenta e seis alunos inscritos estavam cientes de que o trabalho extraclasse não geraria nenhum tipo de conforto quanto a notas ou à estrutura de avaliação e seria aplicado em horários diferentes daqueles já determinados pelo Instituto. (CARDOSO; DICKMAN, 2012, p. 912)

Por fim, cabe destacar que, em todos os trabalhos, os autores consideram que, a partir da análise dos instrumentos utilizados, há indícios de aprendizagem significativa por parte dos estudantes que participaram das atividades. Mesmo assim, verifica-se em T1 algumas sugestões de modificações que, na ótica dos autores, poderiam vir a aprimorar ainda mais o trabalho desenvolvido.

A seguir, trazemos um extrato em que é possível verificar tais sugestões:

Como sugestão de melhoria da estrutura dessa investigação, pode-se adicionar ao material uma pequena revisão sobre notação científica que, agregada ao organizador prévio, poderá contribuir para um melhor desempenho dos alunos frente à utilização das equações circundantes ao efeito fotoelétrico. Sugere-se, também, a inclusão de

uma nova questão explorando o enunciado da última questão da avaliação final, de modo que o aluno identifique o efeito fotoelétrico no funcionamento dos postes de iluminação. (CARDOSO; DICKMAN, 2012, p. 926)

Além disso, os autores acenam para a possibilidade, pensando em trabalhos futuros, de um aprofundamento maior na teoria de Ausubel para que seja possível mensurar a retenção de conhecimento por um período maior, quando se utiliza a tecnologia como mediadora do conhecimento (CARDOSO; DICKMAN, 2012).

5.2 UTILIZAÇÃO DE UEPS NO ENSINO DE FMC

Os dois artigos que compõem essa categoria, T4 e T7, apresentam algumas similaridades. Em ambos os casos, as UEPS desenvolvidas foram implementadas. Entretanto, em T4, ela foi desenvolvida com uma turma do 2º ano do ensino médio. Já, em T7, os autores utilizam uma turma de 1º ano do ensino médio. Além disso, percebe-se que, em ambas as UEPS, há uma preocupação dos autores(as) em deixar claro o caráter de complementaridade entre a FC e a FMC, para que não haja a concepção equivocada dos alunos de que a FMC exclui a FC.

Outro aspecto a ser destacado é o de que, em T4, uma das pesquisadoras era regente da turma na qual foi implementada a UEPS, algo que, de certa forma, pode ajudar a contornar a dificuldade levantada no tópico (5.1).

O trabalho foi implementado durante o segundo trimestre de 2013, numa turma da terceira série do Ensino Médio de uma escola pública, na disciplina de Física, com carga horária de três horas-aula semanais. A primeira autora é a professora regente, e a pesquisa se deu em condições reais de sala de aula, num total de dezoito horas-aula (CALHEIROS; GARCIA, 2014, p.181)

Com relação aos conceitos trabalhados nas UEPS, percebe-se em T7 que a UEPS desenvolvida visa trabalhar com os seguintes conteúdos: Princípio da Conservação do Momento Angular, Modelo do Átomo de Bohr, Quantização da Energia, Diagrama de Níveis de Energia para o átomo de hidrogênio, Inversão de População, efeito Laser e Laser de Rubi. Essa seleção de conteúdos mostra-se diferente da apresentada em T4, no qual as autoras se propõem a desenvolver um trabalho integrado entre tópicos de Eletricidade e Física de partículas.

As duas UEPS seguiram os oito passos conforme proposto por Moreira (2011). Como forma de sistematizar as atividades propostas pelos autores(as), é apresentado o Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 – Descrição dos Passos das UEPS

Passos das UEPS	T4	T7
Primeiro	Estruturação da UEPS	Não é apresentado
	Verificação dos conceitos a serem trabalhados, bem como o objetivo das atividades.	
	Aplicação de questionário inicial	
	Correção e análise do questionário aplicado	
	Durante a correção, a professora retira alguns conceitos constantes das respostas dos alunos	Autores fornecem palavras a serem utilizadas pelos alunos

Segundo	Alunos elaboram, em duplas, mapas conceituais tendo por base esses conceitos. Mapas são discutidos em grande grupo	Em grupos, os alunos devem elaborar um mapa livre, ligando as palavras fornecidas
Terceiro	Utilização de duas situações-problema (questão-chave) sobre eletrização e estrutura da matéria Proposta de uma atividade experimental investigativa sobre processos de eletrização	Os alunos respondem em seus grupos a um questionário Discussão do questionário com o grande grupo Leitura do texto “Os Fundamentos da Luz Laser” Os grupos destacam as palavras do texto não compreendidas.
Quarto	Professora realiza uma apresentação em data show e textos Os alunos receberam questões que devem ser respondidas em duplas e entregues à professora	Conceitos são trabalhados a partir de: filmes, slides, material disponível na internet, texto de apoio do Grupo de Ensino da Física – GEF da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e aulas expositivas e dialogadas. Após esse movimento, os grupos retomam ao texto “Os Fundamentos da Luz Laser” e constroem um esquema ou um resumo
Quinto	Proposta uma nova questão-chave e são feitas discussões Estudantes assistem ao filme “O discreto Charme das partículas elementares” (ABDALLA, 2006) Leitura do artigo “Sobre o discreto Charme das partículas elementares” (ABDALLA, 2005). Alunos devem construir uma linha do tempo sobre as diferentes partículas elementares.	Os alunos, em grupos, pesquisam uma aplicação do Laser e apresentam aos colegas Os grupos constroem um mapa conceitual com os conceitos envolvidos na UEPS
Sexto	Realização de uma aula expositiva dialogada, em que foram retomados os conceitos trabalhados anteriormente na UEPS	São propostas questões abertas para que os alunos possam responder
Sétimo	Os alunos elaboraram, em dupla, um mapa conceitual. Após, individualmente, respondem a um questionário final	A professora, junto com os alunos, retoma os conceitos através de um mapa conceitual.
Oitavo	Nesta atividade, os alunos, em duplas, elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento	A avaliação é baseada na comparação entre o mapa livre e o mapa conceitual, na apresentação de uma aplicação do Laser, no material confeccionado para a apresentação e na avaliação somativa individual

Fonte: Autores

A partir do quadro 2, verifica-se a utilização de recursos didáticos semelhantes, como: a elaboração de mapas conceituais, utilização de textos de divulgação científica, aulas expositivas e dialogadas, dentre outros. Além disso, destaca-se que, em ambas as UEPS, é proposto que os estudantes desenvolvam as atividades em conjunto. Chamamos a atenção ao

fato de que, em T7, não é proposta nenhuma atividade experimental, diferentemente de T4. Entretanto, a atividade proposta em T4 está relacionada puramente à parte de Eletricidade (processos de eletrização). Esse fato faz alusão a diversas pesquisas que destacam esse distanciamento da experimentação no ensino de física em uma forma geral. Entretanto, esse problema torna-se mais evidente quanto tratamos do ensino de FMC (CLARO, 2017). Essa fragilidade não pode ser desprezada, ao passo que, segundo Silva e Assis (2012, p. 321), “[...] a utilização dessas atividades pode tornar conceitos abstratos, como os da Física Moderna, mais acessíveis aos alunos”.

Com isso, pensando na relevância da experimentação para o desenvolvimento da Física, consideramos importante que atividades experimentais sejam inseridas nas atividades de ensino. Dentro dessa mesma perspectiva, Fernandes (2008, p. 2) complementa essa ideia dizendo-nos que “[...] é preciso entender a Física como uma ciência que nasceu da observação de fenômenos naturais. Assim, ela está diretamente ligada ao cotidiano de cada um”.

Os resultados apontados pelos(as) autores(as), a partir da análise dos instrumentos definidos e descritos nas UEPS (Quadro 3), apontam que há indícios que revelam a existência de uma possível aprendizagem significativa por parte dos alunos. Entretanto, chamamos a atenção para uma das dificuldades enfrentadas pelos autores de T7 que relatam um menor empenho por parte das turmas se comparadas com uma turma anterior, denominada de estudo-piloto, cuja UEPS havia sido implementada e é descrita em maiores detalhes em outro trabalho dos autores, e que foge do escopo da presente investigação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada, percebe-se que a primeira categoria retrata metodologias de ensino diversificadas que constituem uma sequência didática, já que estão interligadas. Entretanto, percebe-se que, mesmo utilizando a TAS como fundamentação teórica, durante as atividades de ensino realizadas, a Teoria não está presente como estruturante dessas aulas. Em T2, por exemplo, os autores deixam claro que apenas o recurso didático desenvolvido é baseado na TAS. Contudo, destacamos que todos os trabalhos, de certa forma, apresentam a preocupação, perceptível a partir das atividades desenvolvidas, de deixar claro aos alunos o quanto a FMC está presente em seu cotidiano. Esse destaque é fundamental, pois fortalece ainda mais as discussões acerca da importância de serem trabalhados esses conceitos.

Outro aspecto relevante é o de que essa categoria revela que as metodologias de ensino desenvolvidas apresentam resultados satisfatórios quanto ao processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, a maioria delas aborda atividades que abrangem apenas um único conteúdo de FMC. Esse aspecto denota certa fragilidade relacionada a esse tipo de abordagem, ao passo que não possuem um potencial integrador. Além disso, é possível verificar que alguns trabalhos trazem uma concepção equivocada de que a utilização da tecnologia por si só será um fator determinante para o processo de aprendizagem. Acerca disso, acreditamos tratar-se de uma visão simplista, ao passo que a tecnologia é apenas mais uma, das tantas ferramentas que o professor possui à disposição e ela não é determinística, mas sim o uso que é feito dela, a partir do planejamento do professor, que definirá o seu sucesso. Nesse caso, vale enfatizar que as TIC apresentam potencialidades para o processo de ensino-aprendizagem de FMC, mas não são determinantes.

Além disso, destacamos que os trabalhos que integram essa categoria são decorrentes de “cursos”, ministrados no contraturno de aula dos estudantes e, em alguns desses trabalhos, é

apresentado um número elevado de desistência por parte dos estudantes. Nesse sentido, acreditamos que cabe uma reflexão acerca dos motivos que levaram esses alunos a tomarem essa atitude.

A segunda categoria, definida a partir do referencial de Moreira (2011), apresenta resultados de implementação de UEPS. A partir disso, é verificado que, em ambos os trabalhos, são abordados diversos conceitos relacionados à FMC, sendo feita, em T4, uma abordagem integrada entre tópicos de FMC e Eletricidade. Esse tipo de abordagem mostra-se rica à medida que os alunos conseguem perceber que os conceitos trabalhados estão interligados e que, portanto, há uma complementaridade entre eles. Além disso, em ambos os trabalhos, percebe-se o caráter variado de recursos didáticos utilizados, o que, ao nosso entender, vem a enriquecer e potencializar a sequência didática desenvolvida.

Ainda, cabe destacar o fato de que, em nenhuma das UEPS desenvolvidas, há atividades relacionadas à utilização de simuladores computacionais, algo recorrente na outra categoria. Por fim, vale destacar a ausência, em ambas as categorias, para o desenvolvimento de atividades experimentais relacionadas à FMC. Esse destaque mostra-se como uma carência relacionada à abordagem dessa temática no nível médio de ensino, visto que, dentro dos próprios livros didáticos fornecidos pelo Ministério da Educação, essa falha também é perceptível (CLARO, 2017).

Considerando as duas categorias, podemos afirmar que a utilização da TAS para o ensino de FMC mostra-se um tanto restrita, tendo em vista a pouca quantidade de trabalhos que estabelecem essa relação. No entanto, é perceptível, a partir dos trabalhos que compõem cada categoria, que existem benefícios atrelados à utilização da TAS para o ensino de FMC, podendo potencializar o seu uso. Dentre esses, destacamos: a aproximação de temáticas atuais, como é o caso das TIC, pelos alunos; as sequências de ensino voltadas a situações-problemas que possibilitam aos estudantes compreenderem conceitos subjacentes à situação explorada; a motivação dos estudantes a partir das sequências didáticas desenvolvidas; a consideração do aluno como sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem; a utilização de instrumentos (organizadores prévios e mapas conceituais) que facilitam o processo de aprendizagem; as aulas desenvolvidas sem a utilização excessiva da aprendizagem mecânica, como é de praxe no ensino de física.

Com relação à utilização das UEPS, verifica-se que elas agregam, além dos atributos citados anteriormente, um caráter identitário, já que essas sequências são construídas a partir de um público específico, ou seja, não podem ser replicadas em diferentes contextos sem que sejam feitas as devidas adaptações na sequência de ensino. Além disso, conforme verificado, as UEPS permitem que sejam trabalhados diversos conceitos, possibilitando a interface entre a FMC e a FC, como apresentado em T4, ou ainda, a partir de uma perspectiva interdisciplinar. Essa maleabilidade, possibilitada pela UEPS, faz desse recurso um potente instrumento que, inclusive, pode servir como um meio de incentivar o professor a atuar dentro da área de ensino física, algo que viria a enriquecer ainda mais as pesquisas desenvolvidas já que, muitas vezes, são desenvolvidos trabalhos magníficos, dentro do contexto da educação básica, mas não são veiculados no âmbito científico, por conta desse distanciamento.

Dentro das perspectivas futuras desse estudo, destacamos que ele pode vir a auxiliar outros trabalhos que tenham por objetivo estruturar propostas/implementações de UEPS ou sequências didáticas relacionadas à temática de FMC no ensino médio. Destacamos ainda que essa pesquisa pode ser aprofundada, ao passo que existem outros periódicos e eventos que podem vir a ter publicações dentro dessa mesma perspectiva. Esse fato poderia resultar em um

contingente maior no *corpus* de análise, sendo, portanto, possível o acréscimo de outras categorias, o que, com certeza, viria a enriquecer ainda mais a pesquisa desenvolvida.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Persona Edições, Lisboa, 1979.
- BORTOLETTO, A. et al. **Pesquisa em Ensino de Física (2000-2007): Áreas temáticas em eventos e revistas nacionais**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis – SC. Atas do VI ENPEC. p.1-12, 2007.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999.
- BUCHINGER, D.; CAVALCANTI, G. A. D. S.; HOUNSELL, M. D. S. Mecanismos de busca acadêmica: uma análise quantitativa. In: **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 108-120, abr. 2014, p.108-120.
- CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, p. 177-192, 2014.
- CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 891-934, 2012.
- CLARO, L. C. **As atividades experimentais de Física na escola de ensino integral: Uma análise crítica**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2017.
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. **Atualização da pesquisa em resolução de problemas: informações relevantes para o ensino de Física**. In: Atas do I Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre, RS, 2006, p.153.

HILGER, T. R.; MOREIRA, M. A., SILVEIRA, F. L., Estudo de representações sociais sobre Física Quântica, **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 2, n.2, p. 1-16, 2009.

INVESTIGAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS. Porto Alegre: UFRGS. Quadrimestral. Descrição. Disponível em: <
<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/index>> Acesso em: 05 de jun. de 2019.

LINO, A. e FUSINATO, P. A. A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: um relato de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 3, 2011.

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**, 2006.

MACIEL, R.R. **A astronomia nas aulas de Física: Uma proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Santa Catarina, 2016.

MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L.; DOMINGUINI, L. Física Moderna nos livros didáticos: um contraponto entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2012. **Vidya**, v. 33, p. 97-115, 2013.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2008.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Porto Alegre: UFRGS, 2012.

MOREIRA, M.A.; MASINI, E.A.F. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–Ueps. Aprendizagem Significativa em **Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011.

OSTERMANN, F.; MOREIRA M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PALMA FILHO, J. C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais. **Nuances**, Presidente Prudente, v. 3, n. 3, p. 15-19, set. 1997.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Curitiba: UTFPR. Quadrimestral. Descrição. Disponível em:<
<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/index>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

ROCHA, C. E. S. **A dinâmica do Processo de Ensino e Aprendizagem de Cálculo I:** Uma Investigação no Curso de Licenciatura em Física da UFSM. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências, química da vida e saúde). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências; química da vida e saúde, Santa Maria, RS, 2019.

ROCHA, C. E. S. *et al.* **Proposta de Ensino:** Utilizando um Organizador Prévio como Estratégia para a Aprendizagem do Conceito de Corrente Elétrica. In: Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS), 2018, Santa Catarina. Anais do 7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, FURB - Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

SCHITTLER, D.; MOREIRA, M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 1-24, 2016.

SOUZA, A. J.; ARAÚJO, M.S.T. A produção de raios x contextualizada por meio do enfoque CTS*: Um caminho para introduzir tópicos de FMC** no ensino médio. **Educar**, Curitiba, n. 37, p. 191-209, maio/ago. 2010.

TERRAZZAN, A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** Tese de doutorado.1994. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1994.

TERRAZZAN, E. A. 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. 1992.

ZANETIC, J. **Física também é cultura.** Tese de doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo - FEUSP. São Paulo, ,1989.