

Didática da Física: uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodológica^{+,*}

João Batista da Silva¹

Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Gilvandenys Leite Sales²

Francisco Regis Vieira Alves³

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Limoeiro do Norte – CE

Resumo

A demarcação, constituição e a definição de um campo de pesquisa específico, direcionado e dedicado ao estudo sistemático dos fenômenos oriundos das interações entre professor – estudantes – conhecimento sobre a Física, indubitavelmente, reflete um processo de definição, substituição e evolução de uma perspectiva de formação do professor de Física. Dessa forma, o presente trabalho assinala alguns elementos que podem ser agrupados em três campos ou dimensões, a saber: epistêmico, cognitivo e metodológico. Consequentemente, a presente discussão, apropriação e o entendimento das contribuições dessas três dimensões poderá concorrer para o aperfeiçoamento da atuação e da inserção do professor, na medida em que detém o potencial de balizar/conduzir sua transposição didática, segundo os elementos constitutivos da Didática da Física – DF.

Palavras-chave: *Didática da Física; Professor de Física; Ensino; Pesquisa.*

⁺ Didactics of Physics: an analysis of its epistemological, cognitive and methodological elements

^{*} *Recebido: julho de 2017.*

Aceito: novembro de 2017.

¹ E-mail: joaobathista82@hotmail.com; ² E-mail: denyssales@gmail.com; ³ E-mail: fregis@gmx.fr

Abstract

The demarcation, constitution and definition of a specific field of research, directed and dedicated to the systematic study of the phenomena arising from the interactions between teacher – students – knowledge about Physics, undoubtedly reflects a process of definition, substitution and evolution from a perspective of teacher training. In this way, the present work points out some elements that can be grouped into three fields or dimensions, namely: epistemic, cognitive and methodological. Consequently, the present discussion, appropriation and understanding of the contributions of these three dimensions may contribute to the improvement of the teacher's performance and insertion, insofar as it has the potential to direct / guide its didactic transposition according to the constitutive elements of Didactic of Physics – DF.

Keywords: *Didactics of Physics; Physics teacher; Teaching; Research.*

I. Introdução

Registramos no Brasil, indubitavelmente, o surgimento de pesquisas no ensino de Física direcionadas e com o ensejo de desenvolver estratégias de abordagem que facilitem a compreensão dos conceitos e fenômenos da Física na educação escolar básica, especificamente em um contexto circunstanciado para a sala de aula (SANDOVAL; CUDMANI, 1993; OSTERMANN; MOREIRA, 2000 ROSA; ROSA, 2007). O *corpus* do conhecimento sistematizado e construído, oriundo como o resultado dessas pesquisas em ensino de Física se enquadra, então, em um campo de atuação ou esfera de práticas acadêmicas que Nardi e Castiblanco (2014) consideram/denomina por Didática da Física – DF. Em seu entendimento, perspectivamos um campo de conhecimento que deve ser ensinado para que o professor aprenda e compreenda o que, para quem e como ensinar a Física. As pesquisas supracitadas possuem determinadas características em comum. De fato, uma delas reside em mostrar como tratar/estruturar os conteúdos específicos de Física para que os alunos entendam e possam desenvolver um senso reflexivo construindo assim o seu próprio conhecimento com relação ao ensino. Outra característica não menos fundamental reside em relacionar o uso de metodologias que proporcionem ao aluno realizar exercícios e problemas, levando-o a refletir sobre seu próprio conhecimento científico e as formas/meios com que chegaram até esse conhecimento, para potencializar as ações do professor em sala de aula (NARDI; CASTIBLANCO, 2014).

Podemos, então, depreender a partir das características anteriores, que essas pesquisas contribuem para um fortalecimento constitutivo e reconhecimento gradativo do campo da DF, na medida em que apontam/sugerem/formulam propostas para o aperfeiçoamento das

práticas de ensino e de aprendizagem e, que, deveriam, em tese, repercutir para a formação de professores que possuem uma prática circunstanciada, demarcada e condicionada pelo conhecimento em Física.

Porém, vale destacar, que a maioria das pesquisas têm um caráter exclusivamente descritivo e qualitativo, tornando-se assim difícil de se extrair elementos comuns a todas elas. Por intermédio deste viés, ao constatarmos um expediente de análise eminentemente qualitativo, assinalamos que não há consenso sobre que ou quais conteúdos específicos, metodologias ou recursos que devem ser efetivamente abordados/considerados na DF, principalmente durante a formação docente inicial.

Por conseguinte, poderemos registrar a necessidade de concepção para uma didática específica da Física, que não se mostre radicalmente centralizada no ensino dos conteúdos específicos, mas, sim, para compreensão da construção e constituição histórica desses conhecimentos, a fim de formar pessoas que “desenvolvam habilidades para superar seu senso comum, ou modo natural de raciocinar, refletir, interpretar, aproveitar conhecimentos para resolver problemas” (CASTIBLANCO; NARDI, 2011, p. 10).

Diante do exposto, na seção subsequente, abordaremos alguns argumentos específicos que devem concorrer para um entendimento sobre a natureza dos elementos considerados pela DF. Certamente que não ensejamos realizar aqui uma discussão exaustiva e conclusiva sobre o tema. Não obstante, declaramos um interesse especial pela compreensão dos elementos, nomeadamente, de ordem epistemológica, cognitiva e metodológica. Como indicamos nos parágrafos predecessores, pelo menos de modo *en passant*, a compreensão clara desses fatores pode repercutir, de modo irremediável, para a proposição/configuração de uma prática diferenciada do professor de Física.

II. A demarcação de um campo de investigação

O entendimento dos fatores que concorreram para a constituição de um campo investigativo não envolve e rechaça/repele uma perspectiva de análise reducionista ou meramente aplicacionista. Com efeito, quando nos atemos ao contexto da Didática das Ciências, extraímos profícuos ensinamentos, capazes de explicar um movimento disciplinar semelhante, por exemplo, no caso da Física. A partir de uma perspectiva geral, cabe observar que os fatores que concorreram para a constituição da Didática das Ciências possuem uma íntima natureza com a contestação de paradigmas científicos resilientes e obsoletos e que, ao passar de algumas décadas, sobretudo a partir dos anos de 1900, concorreram para um avanço progressivo, cuja reformulação de seus fundamentos assumiu um expediente endógeno e, também, exógeno (BRAVO, 2001).

Assim, para que possamos compreender um progresso constitutivo e demarcativo, nem sempre constante e contíguo, da constituição de um novo campo disciplinar, urge atentarmos para os fatores de ordem histórica, epistemológica, axiológica, lógica e, por fim, fato-

res de ordem social. Dessa forma, as relações de tensão, as contendas inevitáveis envolvendo grupos de profissionais, pesquisadores e cientistas, em cada época histórica determinará, em maior ou em menor substância, um processo de aquisição de hegemonia, visibilidade e de reconhecimento técnico e científico de uma vertente, tendência e da coesão de estudos e pesquisas (BRAVO, 2000).

Isso posto, quando nos atemos, de modo específico, ao caso da DF, apoiaremos nossa argumentação a partir da apreciação e indicação Nardi e Castiblanco (2014). De fato, os mesmos relatam os elementos comuns encontrados em várias pesquisas desenvolvidas e que concorrem, de modo irrefutável, para uma caracterização das dimensões de uma didática da Física, denominadas por Nardi e Castiblanco (2014) de três dimensões estruturantes.

De modo prosaico, podemos dizer que a primeira é a dimensão física que tem como objetivo conduzir o licenciando a refletir sobre a natureza intrínseca dos conhecimentos específicos da Física. A segunda é uma dimensão sociocultural cujo objetivo é refletir sobre o tratamento que deve ser dado aos conteúdos específicos na sala de aula. A terceira é a dimensão técnica-metodológica, que tem como objetivo possibilitar a análise das potencialidades e limitações de certos recursos de apoio ao ensino que visam enriquecer a interação professor-aluno-conteúdo em sala de aula.

Antes de prosseguirmos, cabe observar que qualquer forma classificatória, de natureza categorial qualquer, nunca se evidencia suficientemente completa, de sorte que, a indicação das três dimensões acima não pretende exaurir e contemplar todo um universo constitutivo, capaz de definir, de fato, a constituição da DF. Todavia, o pensamento propugnado por Nardi e Castiblanco (2014) fornece um ponto de vista relativamente particular ou, ainda, um viés de análise que, diante da inexistência ou fragilidade da área, representará, de fato, um avanço ou um progresso representativo para a área.

Retomando, pois, a descrição das três dimensões estruturantes, isso significa, que o campo da DF é demasiadamente amplo e intrinsecamente complexo, composto por elementos que necessitam ser identificados, agrupados e sistematizados de forma que o futuro professor de Física possa compreender e evidenciar a ação de conhecimentos oriundos de vários campos do conhecimento, principalmente os resultados de pesquisas. E, diante do entendimento anterior, se evidencia uma outra missão e tarefa primária para o professor que envolve a apropriação, compreensão e, eventualmente, a aplicação, de modo circunstanciado, em sala de aula, dos resultados práticos de inúmeras pesquisas sobre o ensino de Física.

Nardi e Castiblanco (2014) defendem o pressuposto de que a DF deve possuir conteúdos próprios, que exige um campo demarcado de atuação, e esses devem ser trabalhados pelo professor de Física para desenvolver estratégias de ensino, embora os conteúdos associados à DF não precisem necessariamente obedecer à lógica *standard* das disciplinas clássicas da Física. Nesse caso, de modo resumido, depreendemos que a ordem metodológica de uma abordagem dos conteúdos não se mostra condicionada, de modo irremediável, pelo ordena-

mento de apresentação/configuração dos conteúdos oficiais e definidos por uma instituição de ensino qualquer.

Além disso, também não devem obedecer a lógica das disciplinas pedagógicas, pois não se trata de estudar exclusivamente o comportamento dos alunos no contexto escolar, mas para contribuir na formulação de estratégias de ensino de Física (NARDI; CASTIBLANCO, 2014; CASTIBLANCO, 2011). Ora, isso não é uma tarefa fácil, por que não se trata apenas de ensinar conteúdos específicos de Física, e nem conteúdos apenas pedagógicos generalistas, mas de ensinar conteúdos que permeiam campos interdependentes e áreas relevantes que possam conduzir o futuro professor a compreender de forma gradativa a profundidade e os pressupostos do campo da DF. Nesse sentido, Nardi e Castiblanco (2014, p. 21) destacam um expediente que deve ser cultivado pelo professor:

Consideramos que decidir o que ensinar em cursos associados à Didática da Física não é tarefa simples, especialmente quando se tem consciência de que os conteúdos não são da Física em si mesma, mas de formas de tratar a Física em âmbitos educacionais. Por sua vez, desenvolver critérios para selecionar conteúdos ou planejar metodologias de trabalho em sala de aula que sejam o reflexo dos conteúdos ensinados em Didática da Física também é uma tarefa complexa, especialmente quando se quer promover a coerência entre a formação oferecida e a prática esperada do futuro professor.

Pelo que se percebe no excerto acima, a forma de tratar a Física em âmbitos educacionais aponta pelo menos para três ramos (ou dimensões estruturantes) no campo da Didática da Física. Podem existir outros, porém, nessa pesquisa se abordará apenas três considerando, dessa forma, a sua natureza e a interdependência. O primeiro é o ramo epistemológico que aborda os conteúdos específicos da disciplina de Física contribuindo sistematicamente para a compreensão dos conceitos específicos que o professor deve ensinar. O segundo é ramo cognitivo que tem como objetivo investigar o perfil de quem será ensinado, ou seja, como o aluno aprende, pensa, processa, internaliza e evolui rumo a um novo conhecimento científico a partir de seus conhecimentos prévios. O terceiro é o ramo metodológico que investiga estratégias de como o professor deve ensinar para que o aluno evolua nos seus conceitos, habilidades e atitudes, isto é, uma maior ênfase que recai sobre a mediação e correspondente transposição didática (CHEVALLARD, 1991) dos saberes oriundos da Física.

Para Nardi e Castiblanco (2014) selecionar os conteúdos a serem ensinados numa disciplina de DF é uma tarefa complexa por tentar promover a coerência entre formação oferecida e práticas esperadas dos futuros docentes, proporcionando oportunidades de que os futuros professores possam vivenciar os resultados de ensinar e aprender a partir de uma perspectiva histórica e epistemológica da Física. Nesse sentido, para que a DF seja consistente, com uma base de sustentação sólida, deve existir uma epistemologia subjacente adequada no âmbito da formação inicial e continuada de professores. No esteio do pensamento anterior,

mas, em um contexto internacional, registramos outros trabalhos que assumem posição concorde com estes autores (ALVES, 2016; AYALA, 1992; ARRUDA, 2003; CACHAPUZ *et al.*, 2001; CUDMANI, 2003; MASSONI; MOREIRA, 2007; 2010; 2014; SALINAS; CUDMANI, 1991; 1993; SALINAS; CUDMANI; MADOZO, 1995).

Após o desenvolvimento de uma análise pormenorizada das pesquisas relacionadas ao ensino e à aprendizagem da Física verificou-se, após uma primeira apreciação, que a maioria possui, como ponto de similitude e, ainda, considerando sua natureza, um substrato teórico relacionado a pelo menos três áreas: epistemológica, cognitivista e metodológica. Diante desta constatação, prosseguiremos, na seção subsequente, uma discussão que buscará se restringir ao caráter ou dimensão epistemológica para uma proposta de uma Didática da Física – DF.

III. Elementos de ordem epistemológica

Saber o que ensinar para o aluno é uma questão fundamental que deve ser refletida pelo professor da disciplina, e também tem sido objeto de questionamento por pesquisadores (CARVALHO; GIL PEREZ, 2001; NARDI; CASTIBLANCO, 2014; MASSONI; MOREIRA, 2007; 2010) devido à sua importância e relevância no processo de ensino. Pois, a carência de conhecimentos específicos da disciplina por parte do professor agrava mais o problema de ensino na escola, transformando o professor em apenas um transmissor mecânico dos conteúdos dos livros didáticos que muitas vezes se encontra encadeado em uma série de conceitos, cuja sequência nem sempre é justificada (CARVALHO; GIL PEREZ, 2001).

Todavia, um elemento pouco visível, quando nos atemos ao ato ou intenção de ensinar, transmitir um determinado saber, refere-se, precisamente, à própria constituição e natureza intrínseca do pedaço de conhecimento que ensinamos modificar, alterar e, conseqüentemente, permitir a apropriação por outrem. Johsua e Dupin (1993) alertam para o papel do senso comum e das ideias provisórias dos estudantes que podem proporcionar resiliência, inércia e letargia para o progresso do conhecimento.

A Ciência, em sua necessidade de refinamento, bem como em seu princípio, se opõe, de forma absoluta à opinião. Se mesmo ela avança, sobre um ponto de vista particular, afim de legitimar uma opinião, se mostra por outras razões das que fundamentam a opinião. A opinião reflete mal, não se pode em nada fundamentar a partir da opinião. É necessário, primariamente, destruí-la. Ela é, de fato, o primeiro obstáculo a ser superado. O senso comum, o bom senso são, como muitos outros, obstáculos que devem ser superados, para se alcançar o espírito científico (JOHSUA; DUPIN, 1993, p. 63).

No excerto anterior, divisamos uma clara referência do termo “espírito científico” que, de modo simplificado, envolve todo o movimento inescapável de progresso das Ciências. Ora, de modo particular, constatamos que o conhecimento científico específico de Física

apresenta características singulares, que foram descritas de acordo com as necessidades intelectuais dos cientistas que ao longo do tempo construíram.

Além disso, esses conhecimentos apresentam alguns conceitos que para uma melhor compreensão é necessário levar em consideração alguns elementos como: a origem da produção do conhecimento de Física, suas definições formais, como se deu sua evolução e a natureza dos conceitos de Física, dentre outros. A partir da compreensão desses elementos de ordem endógena, o professor deverá perspectivar uma forma de transmitir esses conhecimentos de forma que o aluno entenda e compreenda a utilidade dos conteúdos aprendidos nas aulas de Física para sua vida cotidiana. Entretanto, como indicam os autores Johsua e Dupin (1993), jamais poderá prescindir do efeito do senso comum e das opiniões locais que atuam no sentido de dificultar o progresso das aprendizagens. E, não podemos nos furtar de mencionar a noção de obstáculos epistemológicos, originalmente propugnados por Gaston Bachelard (1884-1962) para o campo da Física, como observamos abaixo.

Conhecer os problemas que originaram a construção de tais conhecimentos e como chegaram a articular-se em corpos coerentes, evitando assim visões dogmáticas que deformam a natureza do conhecimento a natureza do conhecimento. Se trata, portanto, de conhecer a História das Ciências, não só como suporte básico da cultura científica, mas, principalmente como uma forma de associar os conhecimentos com os problemas que originaram sua construção, sem o qual tais conhecimentos aparecem como construção arbitrárias. Se pode assim conhecer quais foram as dificuldades, os obstáculos epistemológicos que se teve de superar, o que constituiu uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos estudantes (CARVALHO; GIL PEREZ, 2001, p. 109).

Depreendemos, a partir das ponderações de Carvalho e Gil Perez (2001), o caráter de imprescindibilidade do entendimento acerca dos fundamentos e do processo de constituição histórica e epistemológica das Ciências e, de modo irremediavelmente particular, o referido processo no caso da Física. Tal expediente poderá fornecer elementos constitutivos suficientes que podem repercutir, de modo visível, no âmbito do ensino e da aprendizagem. Com esta preocupação, é importante destacar a relevância de pesquisas (ARCANJO FILHO, 2011; NARDI; CASTIBLANCO, 2014; SALES, 2005) envolvendo a preocupação com a investigação dos problemas envolvendo o processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física principalmente no que diz respeito ao tripé: professor-aluno-conteúdo de Física. Como assinalamos há pouco, nos referidos problemas de investigação, a dimensão epistêmica não pode ser negligenciada.

Por exemplo, no âmbito do ensino efetivo em sala de aula, podemos exemplificar o trabalho de Sales (2005), envolvendo os professores de Física que costumam fazer, recorrentemente, na sala de aula, o uso de termos com “imagine que” ou “suponha que”. Assim, eles acabam aumentando ainda mais a dificuldade de relacionar o fenômeno físico real ao modelo

que se pretende estabelecer, criando, portanto, um abismo cada vez maior entre esses dois elementos. Aqui, intervêm, de modo pouco nítido, as próprias concepções idiossincrásicas locais dos sujeitos (estudantes), adquiridas em situações que antecedem sua exposição formal ao momento da transposição didática (CHEVALARD, 1991) dos conteúdos.

A despeito dos entraves observados, o que se espera das aulas de Física é que o conteúdo se aproxime cada vez mais da realidade do educando, bem como do contexto histórico e filosófico que esses conceitos físicos foram desenvolvidos. Mesmo que tal tarefa, como temos constatado, não possa ser perspectivada como trivial e de natureza imediata. No trecho seguinte, constatamos, mais uma vez, a dinâmica da pesquisa e da produção do conhecimento; seus processos característicos de evolução e letargia e, o conhecimento do professor de Física que não pode se mostrar descolado do componente epistêmico das Ciências. De fato, Nardi e Castiblanco (2014) esclarecem que:

Saber como as teorias da Física evoluíram, quais pensadores fizeram contribuições, os momentos cruciais da história da Física, as correntes de pensamento que produziram avanços, retrocessos ou bloqueios da produção científica, entre outros são, claramente, conhecimentos que o professor de Física deve ter. Porém não são esses os conhecimentos a serem levados de forma direta para os processos de ensino de Didática da Física; esses são conhecimentos que orientam as estratégias de ensino, por exemplo, formando para a “transposição didática”, ao entender, de maneira consciente, todos os aspectos que ela envolve, a fim de compreender o significado de visões da natureza das ciências com suas implicações no ensino (NARDI; CASTIBLANCO, 2014, p. 54).

De acordo com Nardi e Castiblanco (2014), essa epistemologia – acrescentamos a terminologia “epistemologia do professor” –, deve contribuir, tanto para uma melhor transmissão, mediação e a compreensão das organizações conceituais científicas, quanto para a identificação de esquemas explicativos de fenômenos físicos reais, auxiliando assim na compreensão da construção evolutiva histórica e epistemológica dos conceitos. Nessa linha, Arcanjo Filho (2011) destaca a necessidade de fomentar, nos alunos, o desejo e a motivação insofismável de conhecer as origens históricas dos conceitos oriundos da Física, bem como os oriundos de outros ramos disciplinares.

Portanto, se os conceitos devem ser enfatizados, as relações entre esses próprios conceitos e as origens epistemológicas podem ajudar na apropriação dos seus significados. Dificuldades conceituais na apresentação dos conteúdos poderiam ser atenuadas se pudéssemos disponibilizar uma parcela de aula para a discussão qualitativa dos conceitos físicos associados às imagens de natureza e ciência (ARCANJO FILHO, 2011, p. 16).

No excerto acima, ressalta-se que a história do surgimento dos conceitos físicos é imprescindível para que possamos proporcionar um cenário de aprendizagem de uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos abordados. Esses conceitos devem ser estabelecidos

em escalas sistematizadas “mostrando como um conceito deu origem a outro, como está relacionado a outro” (BACHELARD, 1996, p. 23). Nesse caso, ao mostrar ao aluno a forma como ocorreu/evoluiu o estágio de nascedouro e o desenvolvimento dos conceitos físicos, o professor proporciona a esses alunos um determinado viés de motivação e de curiosidade para que eles ajam com interesse para uma melhor compreensão dos mesmos. Nesse contexto, Sales (2005) destaca em seu trabalho que “o fato da Física lidar com conceitos muitas vezes abstratos e trabalhar com materiais que estão longe do alcance real e de nossos sentidos faz de seu ensino uma tarefa árdua para muitos professores e espinhosa para os alunos que a estudam (SALES, 2005, p. 26).

Um exemplo que não pode ser desconsiderado diz respeito aos conceitos da Física Clássica que carregam uma dose muito grande de abstração, além de uma complexa matematização (ARCANJO FILHO, 2011) e esses fatores repercutem para aumentar ainda mais o obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996) no processo que permite a compreensão real do fenômeno físico. Na tentativa de introduzir os conceitos de Física Moderna nas escolas de nível médio, Ostermann e Moreira (2000) concluem que a formalização matemática foi um obstáculo para os professores já que eles não apresentaram domínio suficiente da formalização. Sendo assim, uma análise epistemológica, com suas hipóteses acerca de como se constrói o conhecimento físico, surge como uma tentativa de amenizar essa barreira (ARCANJO FILHO, 2011, p. 16).

Entende-se que a compreensão dos alunos pode ser ampliada ao analisarem determinados fenômenos físicos, investigando como se desenvolveram os conceitos e, assim, ajudar a estabelecer uma conexão entre os conteúdos de Física e suas necessidades de conhecer o universo. Quanto mais cedo os alunos compreendem a evolução dos conceitos, mais facilmente eles estabelecem conexões entre esses conceitos físicos estabelecidos e sua utilidade na vida cotidiana (ARCANJO FILHO, 2011). Além disso, os conhecimentos relacionados à História e Filosofia da Física podem potencializar o tratamento dos conteúdos científicos e as estratégias ou abordagens estruturadas para o ensino, auxiliando na transposição didática destes para uma melhor compreensão real dos fenômenos físicos “a partir de olhares diferenciados e com perguntas que fogem à forma tradicional de apresentar a física, o que obriga o professor a se distanciar para (re)pensar aqueles conhecimentos que já havia aprendido” (CASTIBLANCO; NARDI, 2014. p. 54).

Certamente, não se admite uma crítica irrefletida ao ensino atual. Com efeito, muito se constata sobre as deficiências e as fragilidades do ensino atual, etiquetando o “ensino tradicional” com o estereótipo de negativista e insuficiente. O aspecto que denunciemos, refere-se a um tipo de discurso acadêmico, cuja pompa, estilo de retórica e viés generalista que, apesar de apontar entraves efetivamente irrefutáveis, não consegue persuadir e convencer o leitor, acerca das medidas prático-operacionais efetivas que devem ser implementadas/alavancadas, com o escopo de reversão de um quadro de deficiências. De modo prosaico, apreciamos a

retórica e teoria, em detrimento de medidas de como ou de que forma suplantam as barreiras que apontamos até aqui.

Mais uma vez, reforçamos, somente um ponto de vista impregnado dos reais fundamentos endógenos e não exportado de outros campos de conhecimento, detêm a capacidade de repercutir positivamente. Neste sentido, recordamos, por exemplo, que o conhecimento real é descrito por Bachelard (1996) como um conhecimento semelhante a uma espécie de luz que está sempre projetando algumas sombras. E devido a essas sombras o fenômeno físico real analisado nunca é aquilo se poderia achar, mas é sempre aquilo em que se deveria ter pensado. Por isso, para que o processo de ensino ocorra de forma satisfatória é necessário analisar a natureza intrínseca dos conceitos de Física abordados na sala de aula.

Quanto à natureza dos conceitos, Vygotski (1989) classifica os conceitos em dois grupos. No primeiro ele nomina como conceito espontâneo/cotidiano e o segundo ele classifica como conceito científico, ambos formados mediante uma operação intelectual das funções mentais elementares. O conceito espontâneo tem origem no convívio real do aluno, ou seja, a partir do seu cotidiano, sendo esse conceito assistemático e isoladamente generalizado pelo aluno. Por outro lado, o conceito científico tem como característica ser sistemático, formulado historicamente pela cultura e não isoladamente pelo aluno. Esse tipo de conceito requer, para sua apropriação, ações mediadas e planejadas sendo dirigidas pela explicitação de relações estruturais e regularidades entre os fenômenos e sua aplicação. Para tanto, é necessário que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um determinado nível de maturidade, para que o aluno possa absorver um conceito científico correlato (VYGOTSKI, 1989).

O ponto de vista indicado acima requer uma atenção maior do professor de Física. Com efeito, em nossos trabalhos temos alertado o problema da inexistência de aderência de teorias exógenas, “academicamente importadas”, consideradas e tomadas, com fins explicativos de fenômenos intrinsecamente oriundos da Física. Por conseguinte, a despeito de um ponto de vista *sui generis* desenvolvido por Vygotski (1989), o viés imprescindível de caráter prático operacional e, de imediata aplicação em sala de aula, sempre se apresenta como um obstáculo intransponível.

É um equívoco pensar que a maturidade do conceito espontâneo sempre facilitará a absorção, ou a aprendizagem, de um novo conceito científico. O que não é necessariamente verdade. Em alguns casos sim, mas em outros os conceitos espontâneos, oriundos da sua vida cotidiana, poderão até bloquear e retardar a aprendizagem de novos conhecimentos. Foi o que Bachelard (1996) chamou de obstáculo epistemológico. Por conseguinte, a despeito de um caráter parcial de aceitação do entendimento explicativo anterior de Vygotski (1989), a desconsideração de aspectos intrinsecamente vinculados ao próprio conhecimento físico, e suas particularidades epistêmicas, concorrem para a ineficiência e não adequabilidade de sua aplicação.

Os obstáculos epistemológicos são ideias de conflito, inércia do pensamento do sujeito epistêmico, que causam, de modo inescapável, a sua estagnação e até, por vezes, a re-

gressão no processo de aprendizagem, causando letargia/lentidão no processo de aprendizagem. Bachelard (1996) destaca que é no âmbito do próprio ato de conhecer que começam a aparecer umas espécies de conflitos, e o primeiro obstáculo epistemológico a ser superado no processo de aprendizagem é a opinião. Não basta apenas corrigi-la em determinados pontos quando ela designa os objetos pela utilidade, antes de tudo, é preciso destruí-la, pois ela impede de conhecê-los.

Para concluir a seção atual, resgatamos nossas premissas preliminares, com o escopo de distinguir alguns fundamentos importante para a constituição de uma DF e, conseqüentemente, o aperfeiçoamento das práticas de atuação e inserção do professor. Na seção seguinte, buscaremos identificar um outro campo não menos relevante e que, também, se mostra intimamente relacionado com um entendimento capaz de guiar, com eficiência, a mediação do conhecimento físico em sala de aula.

IV. Elementos de natureza cognitiva

Antes de apresentar os argumentos principais da seção atual, urge assinalar um pressuposto fundamental, quando nos atemos aos aspectos cognitivos e nos referimos ao patrimônio cognitivo, privado e individual do estudante. Nesse sentido, rechaçamos um expediente que busca compreender os estádios progressivos, nem sempre contíguos, por intermédio de uma percepção ilusória que se apega ao princípio da melhoria e aperfeiçoamento do aprendizado, como resultados de ações, inserções ou pesquisas que, essencialmente, se mostram locais e particulares. Outrossim, posto que nos referimos a um fenômeno multifacetado, reconhecidamente, como é a aprendizagem, questionamos ainda a adoção de um discurso que confere total e a plena confiança em teorias ou vertentes teóricas, como capazes, de *per si*, de produzir uma ampla e completa descrição e explicação sobre os processos que concorrem para a aprendizagem.

Isso posto, observamos a relevância de estreitarmos os laços entre o que se deseja ensinar e aquilo que realmente é aprendido, pelo menos em tese, pelo aluno, é consideravelmente um instrumento imprescindível e relevante para a prática do professor de Física. Por isso, é necessário que o professor considere e compreenda como o processo de aprendizagem ocorre na estrutura cognitiva do aluno. Para tanto, é preciso entender o que são esquemas mentais identificando, assim, as suas funções, compreender o papel dos obstáculos cognitivos, e refletir ainda sobre processo irremediável do erro no processo de aprendizagem do sujeito epistêmico.

De acordo com Sales (2005) o modelo de ensino convencional, no qual o aluno assume o papel de receptor passivo, está sendo substituído por um novo modelo construtivista, centrado na aprendizagem do aluno, onde o mesmo passa a ser “um ser ativo que gerencia sua própria aprendizagem: pensando, articulando ideias e construindo representações mentais na

solução de problemas, constituindo-se gerador de seu próprio conhecimento” (SALES, 2005, p. 16).

Por sua vez, no ensino de Física, o modelo de aprendizagem construtivista leva em conta a valorização da construção dos processos mentais do aluno, ou seja, como o processo de aprendizagem ocorre na estrutura cognitiva do aluno. Esses processos estão fundamentados principalmente nas teorias clássicas de Jean Piaget, David Ausubel e Lev Vygotsky, tendo como foco central dessa teoria o processo de construção de conhecimento pelo aluno, cujo elemento central é a capacidade do aluno de aprender e poder construir seu próprio conhecimento (ROSA; ROSA, 2007). Desde que mencionamos, há pouco, um termo extremamente propalado, mas, todavia, nem sempre compreendido, vale acrescentar as seguintes ponderações.

Na sua definição geral, o construtivismo refere-se a um conjunto de teorias que afirmam que a evolução da inteligência é fruto da interação do sujeito com o meio, interação na qual, por meio de um trabalho ativo de ação e reflexão, ele cria ferramentas cada vez mais complexas para conhecer o universo. Portanto o construtivismo opõe-se a ideia de que o conhecimento é mera cópia dos objetos percebidos ou dos discursos ouvidos; vale dizer que o construtivismo nega que a inteligência seja uma “página em branco” na qual diversas experiências ou lições simplesmente se escrevem e se acumulam linearmente sobre a vida [...]. Em resumo toda a perspectiva construtivista aceita a ideia de assimilação: conhecer é dar significado; e aceita também o fato de que é na interação com o meio que diversas formas de assimilação são criadas pelo sujeito. Nesse sentido, todo construtivismo é necessariamente interacionista (LA TAILLE, 1997, p. 32-33).

Segundo a teoria piagetiana, a construção do conhecimento acontece por equilibração, que é a busca do equilíbrio do binômio envolvendo dois processos dialéticos: assimilação e acomodação. Nesse sentido, assimilar é integrar elementos do meio às estruturas cognitivas do organismo. Já o termo acomodação significa modificar-se em função das particularidades que intervêm do meio, do contexto de inserção do indivíduo, para melhor poder dar conta das singularidades desse meio (LA TAILLE, 1997).

Para La Taille (1997), são os processos de assimilação e acomodação que descrevem o processo de desenvolvimento da inteligência, ou seja, da facilidade de aprender e estabelecer relações pertinentes entre situações não-familiares e o conhecimento prévio, sendo assim algo que o aluno aprende ao longo da vida, e não consequências de características restritivamente ou demasiadamente inatas do indivíduo (SCHROEDER, 2007).

Esses processos são consequência das ações físicas e mentais sobre o objeto do conhecimento quando esse, por sua vez, provoca um eventual desequilíbrio no indivíduo modificando, assim, os seus esquemas idiossincrásicos mentais. Já os esquemas são agrupamentos estruturados de conhecimentos, localizados na memória de longa duração (BZUNECK, 1991). Esses conhecimentos (conceitos, regras, princípios, generalizações, habilidades, e etc.)

são adquiridos e organizados formando uma espécie de grandes redes, onde cada nó representa um esquema, onde as linhas de ligação representam as associações entre os nós. O sistema de esquemas não é algo estático, mas ele é dinâmico, sendo passível de contínua evolução ou transformação em termos de complementações e melhoramentos.

Inquestionavelmente, a grande quantidade de informações, em muitos casos, de ordem qualitativa, indicadas nos dois parágrafos anteriores, envolvem informações importantes, de sorte que podem compor/constituir um conjunto de percepções, significados e compreensões do professor de Física. Todavia, assinalamos que o elemento pouco trivial envolvido na discussão diz respeito, justamente, ao caráter operacional e prático/aplicacionista da noção de “esquema cognitivo”. Com efeito, estamos lidando com um modelo ou categoria aperfeiçoada por Jean Piaget, que representa um processo de modelização, simplificação de fenômenos de natureza cognitiva e que possuem ainda um primado neurológico (ALVES, 2012).

Ademais, no processo de construção do conhecimento, a nova informação será guiada pelos conjuntos estruturados de informações prévias armazenadas na estrutura cognitiva do aluno, incluindo aí as estratégias cognitivas ou metacognição, nas fases de codificação e de recuperação da informação (BZUNECK, 1991). Não obstante, o papel do professor de Física, como uma das principais características do ofício de professor, envolve o controle/previsão/predição dos elementos que concorrem para a construção de um determinado conhecimento. Essa questão não admite respostas definitivas ou simplistas.

Podemos concluir, ao menos de forma provisória, que os conjuntos estruturados de conhecimentos prévios do aluno são responsáveis por guiar/apoiar os novos conteúdos. Por outro lado, o ensino de Física no Brasil foi direcionado para ser iniciado, especificamente, nas séries finais do Ensino Fundamental. Acreditando assim, que o ensino de Física necessita do pensamento formal do aluno bem desenvolvido e arraigado em uma formalização matemática adequada. Essas necessidades são inicialmente supridas, aproximadamente por volta dos doze anos de idade, pois, ensinar Física antes disso seria muito difícil, já que antes dessa faixa etária os alunos ainda teriam dificuldades de construir e elaborar conceitos físicos (ROSA; ROSA, 2007).

No Brasil, a Física ainda está longe das salas de alunas das séries iniciais do Ensino Fundamental e um dos principais motivos é a falta de conhecimento específico da disciplina pelos professores (SCHROEDER, 2007). Conforme Rosa e Rosa (2007), o ensino de Física no Brasil foi favorecido por pesquisas com foco nos processos que permitiam que os alunos se apropriassem do conhecimento associando a aprendizagem ao significado do conteúdo organizado e integrado nas estruturas cognitivas do estudante. No processo de integração “há necessidade de se considerar a existência de informações na estrutura cognitiva do aprendiz para que as novas informações sejam apoiadas nessas estruturas” (ROSA e ROSA, 2007, p. 7). Essa descrição é bem parecida, por sua vez, com a ideia de Aprendizagem Significativa descrita pelo pesquisador norte-americano David Paul Ausubel (SILVA e SCHIRLO, 2014).

Ausubel, Novak e Hanesian (1978) enfatizaram em sua teoria a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos para o processo de aprendizagem, destacando que “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a apenas um princípio, eu diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. iv). Nesse caso, durante o fenômeno da aprendizagem os alunos atribuem significados ao conhecimento adquiridos a partir das suas concepções alternativas estabelecidas em suas estruturas cognitivas, que estão enraizadas no contexto social no qual o aluno está inserido. A partir das pesquisas sobre o ensino de Física, verificou-se que é consensual a importância dessas concepções nas investigações no campo da DF (CACHAPUZ *et al.*, 2001).

De acordo com Rosa e Rosa (2007), o ensino de Física no Brasil sofreu forte influência da teoria vygotskyana por associar o contexto social em que o aluno está inserido como fator determinante na sua aprendizagem. Tal expediente de apreciação que toma como referência, também, os elementos de ordem exógena e condicionantes sociais, proporciona um viés de perquirição ampliado e rico. De fato, para Vygotski(1989), além das estruturas cognitivas humanas serem complexas, elas são também consideradas um produto de um processo de desenvolvimento cognitivo profundamente enraizado nas ligações entre a história individual e social do indivíduo. Por conseguinte, um discernimento dos fatores de ordem social e histórica do indivíduo, no âmbito do ensino de Física, se evidencia como um universo que não pode ser negligenciado pela DF.

Ainda nesse contexto, é importante ressaltar que a influência do entorno social tanto pode facilitar o processo de desenvolvimento cognitivo do aluno, como também pode dificultar e proporcionar lentidão, servindo de obstáculo ou conduzindo o aluno, de forma inexorável, ao erro. De acordo com Bachelard (1996), os obstáculos são constituídos de um conjunto de erros retificados e não se pode chegar à verdade sem considerar os erros retificados. Pois, as verdades obtidas contra erros disparatados não chegam a oferecer um domínio bem homogêneo e harmonioso da verdade.

Nesse caso, resgatando o pensamento de La Taille (1997), que destaca que o erro merece uma atenção pedagógica bem mais rica do que, simplesmente, uma condenação e reprovação sumária. Para o autor, no campo do conhecimento, a ideia de erro refere-se tanto às ideias infantis que contradizem os conhecimentos estabelecidos solidamente pela sociedade, quanto àquelas que as próprias crianças abandonaram definitivamente ao compreender um novo conceito. Além disso, é comum ver e ouvir a diferença entre erros quando eles são classificados, de forma simplista, como originados de uma forma negativa ou positiva. A forma negativa consiste em estabelecer a dicotomia entre conhecimento correto e incorreto. Já a forma positiva consiste em saber que tais erros fazem parte do desenvolvimento da inteligência.

Em outro campo, objetivamos a função do erro como um componente inescapável e intrinsecamente vinculado ao ato de conhecer e que o processo de conscientização do sujeito,

dando conta dos obstáculos superados, de modo nem sempre consciente, incorpora um caráter imprescindível para a aprendizagem e, sendo assim, não pode ser descartado pela DF. A função primordial e inequívoca do “erro”, para a evolução do sujeito epistêmico, é descrita de forma “ímpar” por Piaget, segundo o comentário abaixo de Taille (1997).

Piaget escreveu em algum lugar que um erro pode ser mais profícuo do que um êxito precoce. A razão de tal afirmação é simples de ser entendida: um aluno pode, meio por sorte, acertar rapidamente a resolução de um problema. Se acertar, sua tendência será, sem maiores reflexões repetir suas ações no momento posterior, ao passo que, se errar, sua tendência será a de refletir mais sobre o problema e sobre as ações que empregou para resolvê-lo. Vale dizer que o erro pode levar o sujeito a modificar seus esquemas, enriquecendo-os. Em outras palavras, o erro pode ser fonte de tomada de consciência (LA TAILLE, 1997, p. 36).

O autor supracitado faz algumas ponderações pertinentes ao erro. A primeira é que o erro somente terá todo esse valor de enriquecimento no processo de aprendizagem se ele for observável pelo aluno, ou seja, o aluno tem que discernir a qualidade do seu erro. A segunda ponderação é que esse discernimento tem que levar em consideração o nível de desenvolvimento do aluno, pois se o aluno não souber discernir bem, o erro para ele não terá significado algum e os efeitos de suas observações serão nulos. Por fim, a terceira é que o “erro somente pode ser profícuo, do ponto de vista do diagnóstico, se o professor tiver instrumentos teóricos para avaliar sua qualidade, seu ‘quilate’” (LA TAILLE, 1997, p. 31).

Certamente que, para todos os itens indicados acima por La Taille (1997), convém o bom senso e uma percepção de razoabilidade e discernimento de que, do ponto de vista prático e operacional, o desenvolvimento de um expediente de acompanhamento sistemático de registro, por vezes errático, de situações que incorrem na manifestação do “erro”, por parte do professor de Física, se evidencia com uma outra missão ou tarefa não trivial. Todavia, uma situação de completa desconsideração e negligência de um tal fenômeno multifacetado se presentifica como sendo algo bem pior.

Isso posto, na seção atual destacamos alguns elementos se ordem cognitiva que possa contribuir para uma didática específica da Física. Doravante, iremos abordar alguns elementos de ordem metodológica que possam contribuir nesse mesmo sentido.

V. Elementos de natureza metodológica

O modelo de ensino praticado na maioria das instituições de ensino no Brasil é um modelo no qual os alunos têm que permanecer fisicamente estáticos, concentrados fazendo suas tarefas, nada prazerosas, por longo período de tempo (SCHROEDER, 2007). Nesse modelo, o ensino está centrado mais na memorização repetitiva e na assimilação mais ou menos

compreensível de conceitos (CARVALHO; GIL PEREZ, 2001; SANCHEZ; ESPINOSA, 2012; SCHROEDER, 2007).

Sendo assim, é necessário que o professor reflita tanto sobre os conhecimentos específicos de Física que vai ensinar, quantos os tratamentos que serão aplicados aos conteúdos específicos no contexto educativo (NARDI; CASTIBLANCO, 2014). Embora seja sabido que, na maioria das vezes, a organização e o gerenciamento dos conteúdos não pertençam diretamente da ação e influência do professor, sendo, portanto, competência da instituição de ensino, conseqüentemente, cabe ao professor a responsabilidade de favorecer a compreensão dos conteúdos específicos de Física (ROSA; ROSA, 2007).

Nesse caso, assume caráter imperioso que os professores saibam construir atividades que conduzam o aluno a evoluírem nos seus conceitos, habilidades e atitudes de forma sistemática (CARVALHO; GIL PEREZ, 2001). Nardi e Castiblanco (2014) comentam um elemento imprescindível que, segundo eles, pode ser denominado de identidade profissional, como apreciamos em seguida.

A identidade profissional do professor de Física, tanto quanto o seu exercício, implicam o domínio de conhecimentos específicos da profissão, como aqueles que estudam o tratamento de tópicos de Física a partir de diversas perspectivas, e conhecimentos que lhe permitam entender por que e para que vai ensinar um conteúdo num determinado contexto (NARDI; CASTIBLANCO, 2014, p. 23).

O fragmento acima, elucida que professor precisa dominar conteúdos específicos de Física que pretende ensinar. Todavia, pelo que se percebe, o domínio do conteúdo é uma condição necessária, mas não suficiente, para o pleno desempenho de suas funções didático-pedagógicas. O conhecimento específico, produzido cientificamente, nem sempre é de fácil “digestão intelectual” para os alunos. É essencial, deste modo, realizar e buscar uma transposição didática de tais conhecimentos.

Para exemplificar, segundo Alves (2004), a transposição didática é elemento de análise do processo de transformação do conhecimento científico em conhecimento ensinado, estabelecido através da existência de três níveis de complexidade do conhecimento organizado e hierarquizado resultante de um processo de total descontextualização e degradação do conhecimento científico. O primeiro nível é o saber sábio, entendido como o produto do processo da construção humana acerca dos fatos da natureza, aceito e estabelecido pela comunidade científica, por possuir formalidades linguísticas e limites de aplicação (SILVA, 1999). O segundo nível é o saber a ensinar, construído pelo professor a partir do saber sábio, quando ler o livro didático para preparar sua aula. O terceiro nível é o saber ensinado pelo professor que sofreu várias interferências externas até ser compreendido pelos alunos, sendo assim o nível mais instável.

Para Nardi e Castiblanco (2014), o ensino de Física necessita de uma teoria que de forma geral possa prever e controlar as ações dos estudantes mediante a ação intencional do professor. Ademais, os autores manifestam a necessidade de se construir caminhos que permi-

tam compreender melhor a didática da Física, com o escopo de proporcionar um cenário diferenciado para o processo de ensino e de aprendizagem da disciplina. Na tentativa de superação de determinados entraves, eles apontam a elaboração de critérios que tanto permitam organizar os conteúdos a serem ensinados em sala de aula, como também planejar as atividades práticas de forma coesa e sequenciada.

Um desses é que o planejamento das atividades seja realizado com o propósito de criar situações em que proporcione ao aluno uma aproximação entre teoria científica e prática. Nesse caso, o professor deve criar uma estrutura que tente descrever pormenorizadamente o “fenômeno aula”, daí surge à necessidade de uma modelização das situações didáticas. Vale ressaltar a importância de que esses modelos sejam organizados para que se possa explorar a capacidade desses modelos de produzir explicações sobre a realidade real vivenciada pelo professor e seus estudantes.

Para Astolfi e Develay (2012), a necessidade de uma abordagem de modelização no ensino específico para cada disciplina já emerge há alguns anos. Sendo que a modelização de situações didáticas da Física poderá ser indicador do estado de avanço desse campo de conhecimento, cujas características são específicas e depende da natureza de cada disciplina, ou seja, “um modelo em biologia nunca atingirá a formalização de um modelo em Física” (ASTOLFI; DEVELAY, 2012, p. 12).

Por fim, Nardi e Castiblanco (2014) consideram que no ensino de ciências há características como conteúdos organizados e combinados sobre problemas que dizem respeito a qual conteúdo ensinar, como explicar, como inovar os métodos de ensino, como detectar os modelos explicativos e como gerar modelos e práticas específicas a cada conteúdo, ou seja, como gerar modelos para cada situação didática. Nessa perspectiva os autores também demonstram preocupação de uma modelização da situação didática.

VI. Considerações finais

Nas seções anteriores buscamos assinalar um contexto de discussão que perseguiu assinalar e demarcar alguns pressupostos que visam perspectivar um campo de atuação e de interesse do que pode ser nominado, a partir de tendências investigativas atuais, como Didática da Física – DF. Nesse sentido, verificou-se que urge o desenvolvimento de uma didática específica da Física que seja sistemática, e apta para estimular tanto a formação do professor, quanto o ensino e a aprendizagem de Física na sala de aula. Diante dessa urgência, apontamos, sobretudo, alguns elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodológica, visando a estruturação e a constituição para uma Didática da Física.

Os elementos de natureza epistemológica apontados estão relacionados à natureza dos conceitos de físicos, a gênese e a evolução da produção do conhecimento de ao longo da história da Física, bem como os momentos cruciais que marcaram a história. Além disso, também foi enfatizado a importância de conhecer as correntes de pensamento que produziram

avanços, retrocessos ou bloqueios na produção científica. Somos cômicos das dificuldades de sua implementação em sala de aula, entretanto, o professor deve contribuir na transmissão desse conhecimento para o aluno, com o escopo de gerir a compreensão da importância e da utilidade dos conteúdos aprendidos (ALVES, 2016).

Com relação aos elementos de natureza cognitiva, foram destacados a importância de conhecer como acontece o processo de aprendizagem na estrutura cognitiva do aluno, bem como entender o que são esquemas mentais e quais são suas funções. Além disso, foram destacados a necessidade de uma reflexão sobre os obstáculos cognitivos e o papel estruturante e do erro, intrinsecamente vinculado ao processo de aprendizagem.

No tocante aos elementos de ordem metodológica foram enfatizados o conhecimento de Física necessário que o professor precisa ter para ministrar a aula, a ação intencional do professor, a necessidade de planejamento estratégico de suas ações intencionais e a modelização das situações didáticas. Por fim, após a análise detalhada das obras verificou-se e confirmou-se a urgência para o desenvolvimento de uma didática da Física que contribua com o ensino e a aprendizagem de Física, e que de forma geral possa prever e controlar as ações dos estudantes mediante a ação intencional do professor.

Referências

ALVES, F. R. V. *Insight: descrição e possibilidades de seu uso no ensino do Cálculo*. **Revista Vydia**, v. 32, n. 2, p. 149-161, 2012. Disponível em: <<https://www.periodicos.unifra.br/index.php/VIDYA/article/view/279/255>>.

ALVES, F. R. V. Didática da Matemática: seus elementos de ordem epistemológica. **Interfaces da Educação**. v. 8, n. 22, p. 274-302, 2016.

ALVES, F. J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 44-58, jan. 2004. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9064/9118>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

ARCANJO FILHO, M. **Demanda epistemológica no ensino de física**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A Didática das Ciências**. Tradução: Magda Sento Sé Fonseca. Campinas: Papyrus, 2012.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York, 1978.

ARRUDA, J. R. C. Un modelo didáctico para enseñanza y aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 5, n. 1, p. 86-103, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n1/a11v25n1.pdf>>.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York, 1978.

AYALA, M. M. La enseñanza de la Física para la formación de profesores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 14, n. 3, p. 153-157, 1992. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a26.pdf>>.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. São Paulo: Contraponto, 1996.

BRAVO. A. A. **La Didáctica das Ciências como disciplina**. Ediciones Universidad de Salamanca, Spain. p. 61-74. 2000. Disponível em: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:20475/didactica_ciencias.pdf>.

BRAVO. A. A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de Ciencias**. 193f. 2001. Tesis (Doctoral) - Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona. Disponível em: <<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/4695/aab1de3.pdf?sequence=1>>.

BZUNECK, J. A. Conceito e Funções dos Esquemas Cognitivos para a Aprendizagem: Implicações para o Ensino. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 12, n. 3, p. 142-145, 1991.

CACHAPUZ, A. *et al.* A emergência da didáctica das ciências como campo específico de conhecimento. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n. 1, p. 155-195. 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Perez36/publication/26464941_A_emergencia_da_didactica_das_ciencias_como_campo_especifico_de_conhecimento/links/544e2ddc0cf2bca5ce8ef783/A-emergencia-da-didactica-das-ciencias-como-campo-especifico-de-conhecimento.pdf?origin=publication_detail>.

CARVALHO, A. M. P; GIL PÉREZ, D. O saber e o saber fazer dos professores. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensinar a Ensinar: Didática para a Escola Fundamental e Média**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p. 107-124.

CASTIBLANCO, O. L.; NARDI, R. Un uso de la historia en la enseñanza de la didáctica de la física. **GÓNDOLA, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**. v. 8, n. 2, p. 50-60, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/135130/ISSN2346-4712-2013-08-02-50-60.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

CASTIBLANCO, O. L. **Uma estruturação para o ensino de didática da física na formação inicial de professores: contribuições da pesquisa na área.** 275f. 2013. Tesis (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102067/castiblancoabril_ol_dr_bauru.pdf?sequen ce=1&isAllowed=y>.

CASTIBLANCO, O.L.; NARDI, R. Estabelecendo elementos comuns em alguns autores do ensino de ciências, como recursos para pensar a Didática da Física na formação de professores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1719-1.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. O saber e o saber fazer dos professores. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensinar a Ensinar: Didática para a Escola Fundamental e Média.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p. 107-124.

CUDMANI, L. C. Que puede aportar la epistemologia a los disenos curriculares en Física? **Revista Ciência e Educação.** v. 9, n. 1, p. 83-91, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n1/07.pdf>>.

GARCIA. N. M. D. Livro didático de Física e de Ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino. **Educar em Revista.** v. 28, n. 44, p. 145-163, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/er/n44/n44a10.pdf>>.

JOHSUA, S; DUPIN, J. J. **Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques.** Paris: Presses universitaires de France, 1993.

LA TAILLE, Y. O erro na perspectiva piagetiana. In: AQUINO, JULIO GROPPA (Org.). **Erro e fracasso na escola: alternativas teóricas e práticas.** São Paulo: Summus, 1997. p. 25-44.

MASSONI, N. T; MOREIRA. M. A. Um estudo exploratório sobre a contribuição de visões epistemológicas contemporâneas na transformação das concepções de professores de Física atuantes. **Tecné, Episteme y Didaxis-TEA,** v. 22, n. 1, p. 5-31, 2007. Disponível em: <<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/viewFile/374/378>>.

MASSONI, N. T; MOREIRA, M. A. Un enfoque epistemológico de la enseñanza de la Física: una contribución para el aprendizaje significativo de la Física, con muchas cuestiones sin respuesta. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,** v. 9, n. 2, p. 283-308, 2010. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART1_Vol9_N2.pdf>.

MASSONI, N. T; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáti-

cas. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 595-616. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0595.pdf>>.

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. L. **Didática da física**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

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**, Porto Alegre, 2000.

ROSA C. W.; ROSA Á. B. Ensino de Física: tendências e desafios na prática docente. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 42, p. 7-25, Maio/ 2007.

SALES, G. L. **QUANTUM: Um Software para Aprendizagem dos Conceitos da Física Moderna e Contemporânea**. 2005. Dissertação (Mestrado Integrado Profissional em Computação Aplicada) – Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação do Centro Federal de Educação Tecnológica, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.

SALINAS, J.; CUDMANI, C. L. Los desencuentros entre método y contenido en la formación de profesores de física. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 7, n. 1, p. 25-32. 1991. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/viewFile/16188/16017>>.

SALINAS, J.; CUDMANI, C. L.; MADDOZO, J. M. Las concepciones Epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias prácticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 17, n. 1. 1995. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a07.pdf>>.

SALINAS, J.; CUDMANI, C. L. Epistemología e História de la Física en la formación de profesores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. ¼, 1993.

SANCHEZ, J. L. S.; ESPINOSA, M. P. P. La enseñanza y el aprendizaje de la Física y el trabajo colaborativo con el uso de las TIC. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 11, n. 1, p. 95-107. 2012. Disponível em: <http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/874/1695288X_11_1_95.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SILVA, S. R.; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de Física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/viewFile/22694/PDF>>.

SANDOVAL, J. S.; CUDMANI, L. C. Epistemologia e história de la Física em formação de los professores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1 a 4, 1993.

SCHROEDER, C. A importância da Física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007.

SILVA, A. A. **Didáctica da Física**. Porto: Edições Asa, 1999.

VYGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1989.