

Uma proposta para avaliação do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo de futuros professores de Física acerca da temática Natureza da Ciência⁺*

Boniek Venceslau da Cruz Silva¹

Universidade Federal do Piauí – Campus Ministro Petronio Portella
Teresina – PI

André Ferrer P. Martins¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – RN

Resumo

O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK, na sigla em inglês) é compreendido como um conhecimento específico do professor que o diferencia de um especialista da sua área de conhecimento disciplinar específica. Ele surge como resultado de experiências de ensino de tópicos ou conteúdos da sua disciplina. O PCK é um constructo que, dentre outros, vem sendo usado como modelo de investigação do pensamento de professores e como subsídio para construção de currículos de formação inicial e continuada. Este trabalho propõe um modelo para avaliação do desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo, referente à temática Natureza da Ciência (NdC), na formação inicial de professores de Física (PCK/NdC). Procuramos incorporar, no nosso modelo, críticas recorrentes às propostas anteriores de modelos de PCK presentes na literatura especializada, como, por exemplo, a exclusão de fatores não cognitivos e a falta de relações entre os conhecimentos que dão corpo ao PCK. Assim, nosso modelo surge como ferramenta para análise e compreensão dos conhecimentos, dificuldades e crenças que rodeiam o futuro professor de Ciências/Física durante o processo de criação, aplicação e avaliação de estratégias didáticas que visam o ensino de conteú-

⁺ A proposal for the evaluation of the development of the physics teachers' pedagogical content knowledge about the Nature of Science theme

^{*} *Recebido: março de 2018.
Aceito: junho de 2018.*

¹ E-mails: boniek@ufpi.edu.br; andre.ferrer@pq.cnpq.br

dos metacientíficos. Por fim, buscamos, com a proposição do modelo avaliativo do desenvolvimento do PCK/NdC, não uma resposta final e definitiva para a questão do como ensinar conteúdos metacientíficos; mas, sim, compreender os conhecimentos, dificuldades e dilemas que rodeiam os futuros professores de Física que se propõem a tal tarefa e como eles contribuem para o desenvolvimento do PCK/NdC.

Palavras-chave: *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo; Natureza da Ciência; Formação de Professores de Física.*

Abstract

The pedagogical content knowledge (PCK) known as the specific knowledge of the teacher, it is a knowledge who differentiated him from a specialist in his area. It becomes as a result of teaching experiences of topics or contents of your discipline. The PCK has been used as a research model of teachers' thinking and as a subsidy for the construction of initial and continuing training curriculum. This work proposes a model for the evaluation of the development of the pedagogical content knowledge, referring to the Nature of Science theme, in the initial formation of Physics teachers (PCK/NOS). In our model, we desire to incorporate the criticisms recurring to the previous proposals of PCK models, for example, the exclusion of non-cognitive factors and the lack of relations between the knowledge that gives forms to the PCK. It emerges as a tool for analyzing and understanding the knowledge, difficulties and beliefs surrounding the future teacher of Science/Physics during the process of creation, application and evaluation of didactic strategies aimed at the teaching of meta-scientific contents. At the finally, we desire with the our proposition to assess of the development of the PCK/NOS, but we do not propose a final and definitive answer to the question of how to teach meta-scientific content; so we desire to understand the knowledge, difficulties and dilemmas that surround future physics teachers who are proposing to this task and how they contribute to the development of the PCK/NOS.

Keywords: *Pedagogical Content Knowledge; Nature of Science; Physics Teacher Training.*

I. Introdução

O conhecimento pedagógico do conteúdo (Pedagogical Content Knowledge – PCK) foi, inicialmente, apresentado por Lee Shulman por volta da década de oitenta do século passado. Especificadamente, no ano de 1983, na Universidade do Texas, Shulman proferiu uma palestra intitulada *O paradigma perdido em pesquisas sobre o ensino*. Nela, o pesquisador começava a descrever o seu programa, que buscava explicar os componentes de base para o ensino e a maneira como eles se desenvolviam nas atividades docentes. Dentre estes componentes que viriam a ser apresentados pelo investigador, destacamos o PCK.

O PCK² desenvolve-se como resultado de uma experiência de ensino de um tópico específico. É comum, no desenvolvimento dos seus PCK, que os professores em formação (ou em exercício) façam uso de vários conhecimentos docentes. Shulman (1987) enumera estes conhecimentos e os define como conhecimentos formadores da base de ensino do professor³.

Para o autor, o PCK é um integrante fundamental do conhecimento de base para o ensino, pois inclui o conhecimento de conteúdo, de problemas e de métodos que proporcionam a organização e adaptação para a sala de aula, favorecendo a capacidade de transformação do conhecimento do conteúdo em formas ensináveis para os estudantes.

Portanto, o PCK transcende o conhecimento da matéria e desemboca no conhecimento da matéria para o seu ensino. Ele é construído, especialmente, nas etapas de elaboração, aplicação e avaliação de atividades de ensino pelo professor.

O PCK também distingue um professor excelente de alguém que apenas conhece a disciplina. Para Shulman, a diferença reside no fato de que o professor possui um arsenal de formas de representações derivadas do saber da prática, o que possibilita a transformação do conteúdo em formas acessíveis de compreensão para os estudantes.

Assim, Magnusson, Borko e Krajcik (1999) destacam que os professores com conhecimentos diferenciados e integrais apresentam melhores habilidades para planejar, desenvolver e avaliar lições, em detrimento aos professores que possuem conhecimentos limitados e fragmentados. Esses conhecimentos do professor (ou sua ausência) refletem no desenvolvimento do seu PCK.

Valendo-se deste raciocínio, podemos destacar, também, que futuros professores de Física com conhecimentos diferenciados e integrais sobre conteúdos metacientífico⁴ podem

² Uma discussão mais aprofundada da origem do PCK, suas características, críticas a ele, dentre outros aspectos envolvendo esse constructo será feita em outro trabalho (SILVA; MARTINS, 2018b).

³ Embora compreendamos que os conhecimentos de base para o ensino estão em constante intercâmbio de informações entre si, neste trabalho, em especial, enfocaremos o conceito de PCK, o qual dá suporte para a proposta do modelo que idealizamos. Os demais conhecimentos da base para o ensino, que serão abordados em trabalhos futuros, conforme descreve Shulman (1987), são: Conhecimento de Conteúdo; Conhecimento Pedagógico Geral; Conhecimento dos Aprendizes; Conhecimento Curricular; Conhecimento dos Contextos Educacionais e Conhecimento dos Fins Educacionais.

⁴ Entendemos como conteúdos metacientíficos, os conhecimentos relacionados à natureza do conhecimento científico ou, como algumas vezes é referenciado, o saber *sobre* a ciência.

desenvolver atividades mais estruturadas, principalmente com o intuito do ensino de saberes relacionados à natureza do conhecimento científico.

Sobre este ponto, embora a importância do seu ensino seja recorrente na literatura, Martins (2015) destaca algumas questões que merecem atenção da comunidade de educadores em Ciências, a saber: Por que ensinar? O que ensinar? Como ensinar?⁵

Neste trabalho, buscamos clarear discussões em torno da questão do “como ensinar”. Contudo, esclarecemos aqui, nosso objetivo não é de apresentar uma receita pronta, com a pretensão de repassar passos para o futuro professor que busque o ensino de conteúdos meta-científicos na sala de aula; mas, sim, colaborar na busca de um modelo de avaliação do desenvolvimento do PCK/NdC dos professores, o qual pode, por exemplo, validar práticas pedagógicas na formação inicial dos professores de Física que possibilitem o desenvolvimento dos seus próprios PCK/NdC e, por consequência, a elaboração de aulas mais robustas e interessantes para os seus futuros estudantes.

Entretanto, antes mesmo de hipotetizar qualquer modelo, é preciso conhecer alguns obstáculos inerentes à compreensão do PCK dos professores. O primeiro deles surge devido a sua própria natureza tácita, ou seja, de difícil acesso.

O PCK pode não ser evidente, principalmente quando confinado em uma lição ou na prática de ensino do professor. Comumente, professores elaboram atividades e planejam estratégias didáticas que apresentam objetivos implícitos na sua prática, mas raramente pensam as razões que os levaram nesta direção (LOUGHRAN et al, 2001; LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004).

Assim, professores de Física em formação, devido à provável compreensão ainda limitada acerca da futura profissão, podem apresentar dificuldades em acessar seus PCK ou até mesmo mostrar indícios de seu desenvolvimento em investigações com finalidade de identificá-los.

Ciente desta limitação, por exemplo, as pesquisas em torno do PCK envolvem uma pluralidade de metodologias e instrumentos de investigação, como, por exemplo, podemos notar nos trabalhos de Marcon (2011), Testoni (2013) e Moreira (2015), em que os pesquisadores se valem do uso de questionários, entrevistas, diários de bordo, dentre outros. Crispim (2016), em especial, vale-se, também, das sequências didáticas construídas pelos seus investigados como fonte de consulta.

Dessa forma, Garcia (1992) afirma que uma característica em comum entre as investigações sobre o PCK é que as pesquisas costumam combinar diferentes tarefas e instrumentos para posteriormente triangular e oferecer um perfil geral e concreto do PCK de cada professor.

Merece destaque a Representação do Conteúdo (CoRe), apresentada por Loughran, Mulhall e Berry (2004). Eles lançam uma proposta de capturar, documentar e retratar o conhecimento dos professores para o ensino através de uma “lente” do PCK, centrada na com-

⁵ Não é o foco deste trabalho discutir as polêmicas existentes na literatura científica em torno destas questões.

preensão do professor em relação aos aspectos do conteúdo específico. O CoRe apresenta oito questões⁶ relacionadas ao processo de ensino de conteúdos específicos.

O PCK é um constructo com mais de três décadas. Com sua maior idade, vieram, concomitantemente, algumas críticas e (in)compreensões relacionadas a sua natureza. O próprio Shulman (2015) evidencia a existência de lacunas na formação do conceito de PCK, como, por exemplo: 1. O PCK ser desprovido de emoção, afeto, sentimentos, motivação e todos os atributos não cognitivos e 2. A pouca atenção dada pelo PCK aos contextos sociais e culturais.

Outros autores, como, por exemplo, Demirdogen et al. (2015) destacam o pouco interesse em pesquisas que buscam investigar a natureza e o desenvolvimento da interação entre os componentes do PCK na prática e como se desenvolve o PCK na formação inicial. Este aspecto também é apontado por Kind (2009), a qual destaca que, durante muito tempo, as investigações em torno do PCK centravam-se na perspectiva de sua definição.

Entretanto, Gess-Newsome (1999) chama a atenção para o fato de que bons modelos, assim como boas teorias, organizam o conhecimento de uma nova maneira, integrando previsões com os achados, sugerindo explicações, estimulando pesquisas e revendo novas relações. Acreditamos que a noção de PCK de Shulman, neste sentido, vem cumprindo o seu papel como bom modelo de investigação sobre o pensamento do professor.

Portanto, neste trabalho, ciente das dificuldades e limitações inerentes ao PCK, compreendemos que o constructo pode servir como lente para avaliação do desenvolvimento de estratégias de ensino de conteúdos metacientíficos de futuros professores. Assim, tomando como base uma revisão bibliográfica, buscamos contribuir com a discussão acerca da questão “como ensinar”, apresentando uma proposta de um modelo que busca a avaliação do desenvolvimento do PCK/NdC dos futuros professores de Ciências/Física e, por consequência, uma melhor compreensão de quais conhecimentos os futuros professores fazem uso ao construir suas estratégias didáticas que abordem temas relativos à NdC.

O presente trabalho é uma abordagem teórica sobre o tema e, assim, baseia-se em trabalhos anteriores – com destaque para Shulman (1987), Magnusson, Borko e Krajcik (1999), Park e Oliver (2008) - para a proposição do modelo em questão. Nas próximas seções, serão apresentados alguns aprofundamentos teóricos sobre o modelo proposto e, principalmente, a explicação para sua elaboração. Antes, porém, faremos – muito brevemente – alguns apontamentos sobre o constructo “NdC”.

⁶ O CoRe, na íntegra, pode ser encontrado no trabalho dos próprios autores.

II. O que é a NdC?⁷

Embora, neste trabalho, não tenhamos a pretensão de responder a essa questão, ou mesmo discorrer sobre esse amplo campo de investigação, buscamos apresentar, de modo breve, a compreensão que aqui compartilhamos acerca desse constructo.

Compreendemos que a expressão “Natureza da Ciência” busca retratar a integração de diferentes campos do saber (como, por exemplo, Filosofia, História, Sociologia e Psicologia) em torno do entendimento de como o conhecimento científico é produzido, internalizado, comunicado e até mesmo refutado. Sendo assim, quando nos referimos à “Natureza da Ciência”, principalmente no contexto da Didática das Ciências, tencionamos problematizar diferentes questões, tais como: o que é a Ciência, como ela trabalha, os valores e crenças inerentes ao campo científico, as relações existentes entre a Ciência e a sociedade, dentre outras. Portanto, a NdC constitui-se em um *metaconhecimento* sobre a ciência, oriundo de reflexões multidisciplinares.

Essa é apenas uma dentre diversas compreensões possíveis. Na literatura especializada é possível encontrar entendimentos que se aproximam a esse. Por exemplo, McComas, Clough e Almazroa (2002) também definem a NdC como uma área híbrida e com aspectos de vários campos sociais, como, por exemplo, História, Sociologia e Filosofia da Ciência, combinadas com pesquisas de áreas das Ciências Cognitivas como a Psicologia, com vistas a descrever o que é a Ciência, como ela trabalha, como os cientistas operam em grupos sociais, dentre outras.

Na mesma linha, Adúriz-Bravo (2005) argumenta que a NdC apresenta relações com outros campos do saber como, por exemplo, a História, Filosofia e a Sociologia da Ciência. Elas possibilitam estudos sobre a Ciência, viabilizando pesquisas de diferentes aspectos da atividade científica, tais quais: como o conhecimento científico se transforma com o passar do tempo, os valores levados em conta pelas comunidades científicas na hora da formulação de uma teoria, a relação entre a ciência e a sociedade, dentre outras.

Já Lederman (1992, 2007) descreve a NdC como um conjunto de saberes epistemológicos relativos ao processo de elaboração do conhecimento científico, envolvendo valores e crenças inerentes ao fazer científico.

De modo geral, portanto, tratar didaticamente a NdC envolveria a discussão de como trabalhar conteúdos metacientíficos no ensino de ciências.

⁷ A própria expressão “NdC” (NOS, em inglês) é alvo de controvérsias. Alguns preferem utilizar “saber sobre a ciência”, “conhecimento sobre a ciência” ou “como a ciência funciona”, por exemplo. Essa expressão se tornou muito conhecida nas últimas décadas e marca um campo vasto de investigação, cuja abordagem foge ao escopo do nosso trabalho. Uma referência relativamente atual e sintética do campo pode ser encontrada em Khine (2012).

III. Por que o PCK/NdC para a formação inicial de professores de Ciências/Física?

O PCK tem se tornado o foco de alguns estudos que investigam como o professor (ou futuro professor) transforma o conteúdo particular (científico) em conteúdo assimilável para os alunos (GOES, 2014).

Lederman (2007) já sinalizava que o PCK apresenta potencialidades para entender como os professores de Ciências/Física constroem estratégias didáticas no intuito de ensinar conteúdos metacientíficos. Contudo, o autor alerta que as relações entre as compreensões dos conteúdos metacientíficos e o domínio pedagógico são incertas. A sinalização do autor vai ao encontro da argumentação de Shulman (1987), que já defendia que o conhecimento da disciplina é amparado na literatura acumulada nas áreas de conteúdo e do conhecimento histórico e filosófico sobre a natureza do conhecimento nos campos de estudo correspondentes, ou seja, não se pode separar as implicações filosóficas e pedagógicas de determinado campo – no nosso caso, da NdC - quando se pretende ensiná-lo, sob pena de ocasionar, possivelmente, um desenvolvimento desequilibrado do PCK quando somente se leva em consideração o campo conceitual da disciplina em questão.

Schwartz e Lederman (2002), no seu estudo de caso com dois professores iniciantes, sugerem que o entendimento de conteúdos metacientíficos e suas conexões com outros saberes afetam as relações de ensino-aprendizagem. Para os autores, o conhecimento pedagógico e os conhecimentos de conteúdos metacientíficos e da Ciência são três elementos que se misturam para formar o PCK/NdC. Esses autores ainda relatam que, para os professores serem capazes de ensinar conteúdos metacientíficos, os mesmos devem possuir a intenção e acreditar que podem ensinar e que seus alunos podem aprender. Entretanto, os autores apontam que sem uma base sólida de conhecimentos para exercer tal tarefa, ela se torna complicada.

Além dessas relações, Hanuscin, Lee e Akerson (2010) destacam a escassez de pesquisas sobre a origem, natureza e desenvolvimento do PCK/NdC, o que, para as pesquisadoras, dificulta não somente a compreensão do desenvolvimento do mesmo, mas também um maior entendimento das dificuldades enfrentadas pelos professores ao tentarem levar para a sala de aula atividades com conteúdos metacientíficos.

Diante do exposto, surgem questões a serem respondidas, como, por exemplo: o que o futuro professor de Ciências/Física deve saber para ensinar conteúdos metacientíficos? Que tipo de materiais de apoio e estratégias ele pode utilizar para ensinar? O que os estudantes da educação básica já sabem sobre a Ciência? Como podemos avaliar os estudantes sobre a aprendizagem de conteúdos metacientíficos?

Como relatam Magnusson, Borko e Krajcik (1999), estas questões, de forma geral, são comuns e centrais ao professor que se presta à tarefa de levar tais discussões para a sala de aula, diferenciando-o, por exemplo, do especialista da área.

Notadamente, tais questões denotam a necessidade de o professor ser possuidor de vários conhecimentos para o cumprimento dessa tarefa, por exemplo: conhecimentos de con-

teúdos metacientíficos, conhecimentos de conteúdos pedagógicos, conhecimentos do contexto, dentre outros.

Portanto, professores com conhecimentos diferenciados e integrais, como destacam Magnusson, Borko e Krajcik (1999), apresentariam, em princípio, maiores possibilidades para planejar atividades que oportunizam um conhecimento mais robusto para os seus estudantes sobre esta temática.

O entendimento destes conhecimentos que, efetivamente, o professor leva para a sala de aula, assim como de suas influências na prática docente, tornam-se de fundamental importância para o ensino de Ciências, de forma geral, e, especificamente, para o ensino de conteúdos metacientíficos.

À vista disso, é importante a procura pelo entendimento de como se desenvolve o PCK/NdC de futuros professores de Ciências/Física e quais as relações entre os componentes do PCK/NdC destes futuros professores.

Dessa forma, acreditamos que o amplo entendimento sobre o PCK/NdC pode colaborar na compreensão e avaliação do processo de construção de estratégias didáticas que visem inserir conteúdos metacientíficos na sala de aula. Para tanto, inicialmente, realizamos uma revisão bibliográfica no intuito de procurar uma proposta de PCK coerente com nossos objetivos de investigação e que servisse como guia da pesquisa.

Embora, como já exposto, a literatura apresente algumas propostas de PCK para o ensino de Ciências, sentimos a necessidade de elaborar um modelo próprio, pois nas propostas encontradas, em sua maioria, a preocupação estava centrada na explicação do que é o PCK (por exemplo: Magnusson, Borko e Krajcik (1999)), deixando de lado possíveis relações que existem entre os próprios componentes do PCK e entre o PCK e os demais conhecimentos da base para o ensino.

Compreendemos que o PCK/NdC surge da transformação entre os conhecimentos do conteúdo⁸, do contexto e pedagógico. Compreendemos, também, que os conhecimentos que dão origem ao PCK/NdC não são estáveis, ou seja, podem ser modificados no decorrer do processo de ensino-aprendizagem, alterando, por consequência, o próprio PCK/NdC.

Essa modificação ocorre, principalmente, diante de situações de ensino-aprendizagem problemáticas e dilemas com os quais o futuro professor de Ciências/Física se depara. Estes problemas, para os quais tanto o seu PCK/NdC como os conhecimentos da sua base para o ensino não dão conta de encontrar soluções, trazem dificuldades ao futuro professor.

Provavelmente, lacunas na formação inicial são expostas diante de situações de ensino-aprendizagem problemáticas e de dilemas enfrentados pelos futuros professores de Ciên-

⁸ Dividimos o conhecimento do conteúdo em duas partes, a saber: 1. O conhecimento do conteúdo metacientífico a ser ensinado, que diz respeito aos conhecimentos que o futuro professor aprende na formação inicial e 2. Conhecimento do conteúdo metacientífico para ensinar, que diz respeito aos momentos que o próprio futuro professor ensina.

cias/Física. Estas lacunas, possivelmente, influenciam de forma significativa no desenvolvimento do PCK/NdC.

Diante disso, compreendemos que momentos de reflexão, principalmente coletivas, sobre as situações problemáticas poderão apontar para o futuro professor de Ciências/Física lacunas no seu PCK/NdC e na sua base para o ensino, contribuindo nas suas formações. Assim sendo, a partir do momento que o futuro professor de Ciências/Física toma consciência destas lacunas, ele poderá reconstruir tanto os conhecimentos da base para o ensino, que dão origem ao seu PCK/NdC, como também os próprios componentes do seu PCK/NdC, resultando no seu desenvolvimento.

Sobre o entendimento das relações entre o PCK e os conhecimentos da base de ensino mostramos a nossa compreensão existente na Fig. 1⁹.

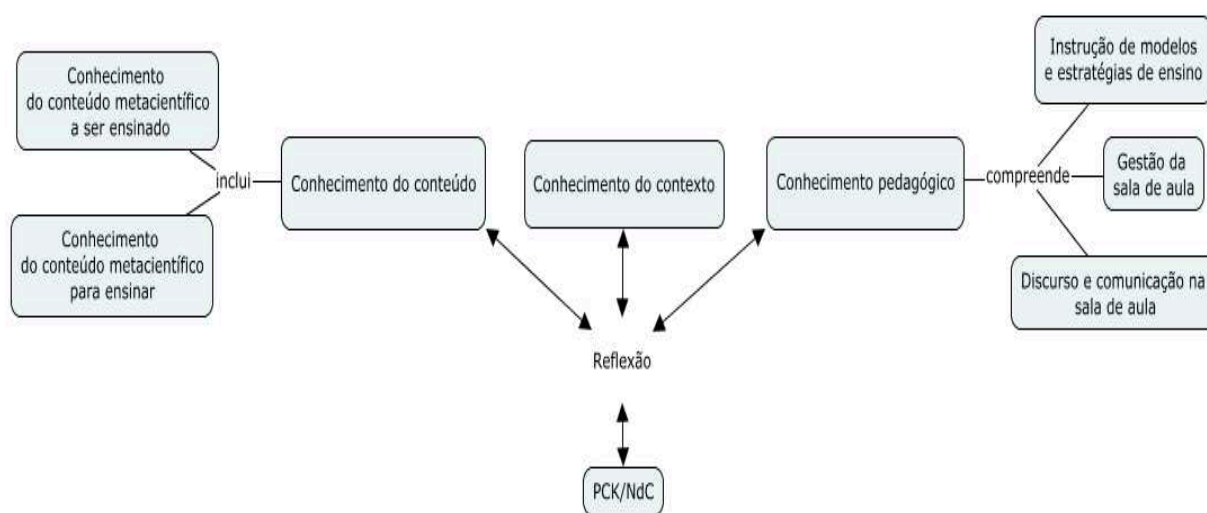


Fig. 1 – Transformação do PCK/NdC, a partir de outros componentes da base de ensino. Fonte: Os autores

Além disso, outro fator para a necessidade de um modelo de PCK/NdC reside na natureza tácita do PCK. Geralmente, os modelos de PCK mostram uma maior preocupação com a avaliação do PCK de professores mais experientes. Alguns, por exemplo, justificam que professores mais inexperientes ou em formação dificilmente teriam maturidade para revelar os seus PCK.

Sobre este ponto, concordamos com Kind (2009) que alerta para a necessidade de mais pesquisas sobre o desenvolvimento do PCK de professores em formação. Entendemos

⁹ Compreendemos que o item “Instrução de modelos e estratégias de ensino” pode refletir a ponte entre a teoria e prática, geralmente buscada em algumas pesquisas em Ensino de Física. Essa ponte, mesmo que de forma embrionária, pode sinalizar um primeiro amálgama de conhecimento de conteúdo e conhecimento pedagógico. Entretanto, chamamos a atenção para o fato que ele difere do PCK/NdC, o qual surge da transformação de diferentes conhecimentos da base de ensino e não somente de interações do professor com o conhecimento pedagógico, conforme destacado na Fig. 1.

que a formação inicial se configura, sim, como um momento importante para a investigação do PCK e, em especial, o PCK/NdC, pois compreendemos que o futuro professor se depara com situações de ensino-aprendizagem não somente quando está a lecionar determinado conteúdo, mas também no decorrer de todo o processo de sua construção, aplicação e avaliação, ou seja, durante, principalmente, a sua formação inicial.

Defendemos que todas estas etapas devem ser acompanhadas e problematizadas pelos professores formadores, uma vez que elas apontam para possibilidades relevantes de compreender o processo de desenvolvimento do PCK, de forma geral, e do PCK/NdC, de forma específica, de futuros professores de Ciências/Física.

O último fator para a necessidade da elaboração de uma proposta para avaliar o PCK/NdC de futuros professores de Ciências/Física é a importância que creditamos à afetividade nas relações de ensino-aprendizagem, pois todo processo de educação significa também a constituição de um sujeito.

Dessa forma, as relações entre professor formador e futuro professor de Ciências/Física podem ser analisadas como uma unidade, visto que são fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem.

Este fator foi, inclusive, alvo de intensas críticas à proposta original de Shulman (1987), o qual não incluiu a afetividade no seu modelo original, conforme já tratado em tópicos anteriores. Portanto, tomando como referência modelos de PCK de trabalhos anteriores, críticas, perspectivas da área e as experiências formativas de um dos proponentes deste trabalho na discussão de conteúdos metacientíficos na formação de professores de Ciências/Física, propomos um modelo para avaliar o conhecimento pedagógico do conhecimento, relativo à temática NdC, na formação inicial de professores de Ciências/Física.

IV. O modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC

A nossa noção de PCK/NdC surge da transformação de conhecimentos da base para o ensino, como, por exemplo, conhecimento do conteúdo, conhecimentos pedagógicos e conhecimento do contexto, como expostos na Fig. 1, na qual destacamos as relações do PCK/NdC com outros conhecimentos da base para o ensino de conteúdos metacientíficos. Já a Fig. 2 apresenta os próprios conhecimentos do PCK/NdC, em si, bem como a natureza de suas relações¹⁰. Ou seja, na figura em questão apresentamos o nosso modelo de avaliação do PCK/NdC propriamente dito.

Ele é composto de dois constructos ligantes (Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos e Reflexão Colaborativa), que são responsáveis pelas conexões dos quatro componentes efetivos do PCK/NdC (Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudan-

¹⁰ O objetivo do nosso modelo é apresentar como o PCK/NdC dialoga com outros conhecimentos da base para o ensino de conteúdos metacientíficos (Fig. 1), como também as relações existentes entre os conhecimentos (componentes) que fazem parte do próprio PCK e a reflexão colaborativa (Fig. 2). Pensando em facilitar a visualização das figuras, optamos por dividi-lo em duas, como apresentadas neste trabalho.

tes, Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos, Conhecimento do currículo de Ciências para ensinar conteúdos metacientíficos e Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos), como pode ser visto na Fig. 2.

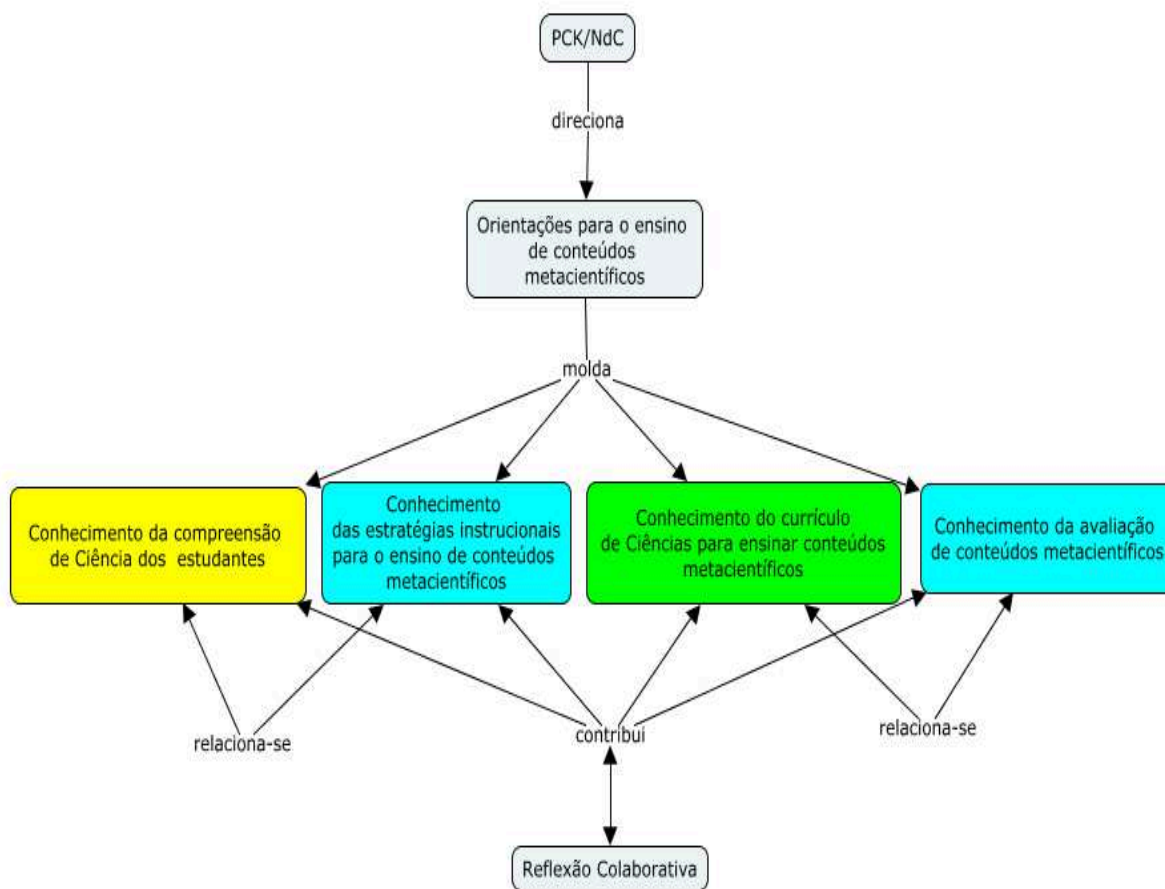


Fig. 2 – Modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC¹¹ para a formação inicial de professores de Física. Fonte: Os autores

A partir de agora, discutiremos os componentes da nossa proposta de PCK/NdC. Começaremos pelos constructos ligantes, a saber: *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos* e *Reflexão Colaborativa*.

IV.1 Os constructos ligantes

Intitulamos de constructos ligantes, na nossa proposta de PCK/NdC, os elementos que são responsáveis pelas articulações do nosso modelo, a saber: *Orientações para o ensino*

¹¹ Chamamos de modelo transformativo-reflexivo de PCK/NdC, pois acreditamos que ele surge de transformações de outros conhecimentos da base para o ensino de conteúdos metacientíficos. Também recebe o termo reflexivo devido a nossa crença que o PCK/NdC não se configura como um constructo estático, ou seja, ele está em constante mudança. Na nossa proposta, essas mudanças são orientadas, principalmente, pela reflexão colaborativa.

de conteúdos metacientíficos e Reflexão Colaborativa. O primeiro tem a função de moldar os componentes efetivos do PCK/NdC, dando-lhes suporte no seu desenvolvimento.

O segundo, por sua vez, é responsável pela reflexão dos componentes efetivos do PCK/NdC, principalmente diante de situações problemáticas de ensino-aprendizagem. Ele dá indícios da necessidade de reconstrução dos componentes efetivos do PCK/NdC, contribuindo, inclusive, no seu desenvolvimento.

IV.1.1 Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos

O primeiro constructo que apresentamos do nosso PCK/NdC é o constructo ligante *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Ele se configura como um caminho geral para o professor de Ciências/Física que pretende inserir conteúdos metacientíficos na sua sala de aula. Este constructo serve como um guia, pois molda todos os conhecimentos efetivos que englobam o PCK/NdC, conforme pode ser visto na Fig. 3.

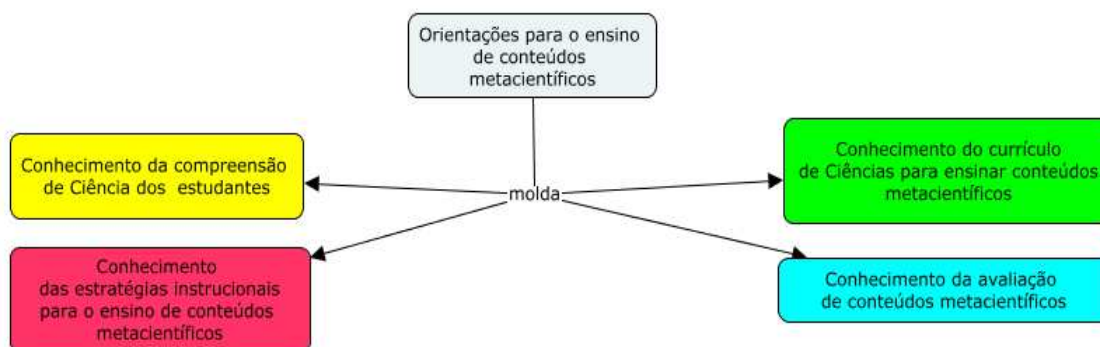


Fig. 3 – Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos. Fonte: Os autores

Ele possibilita a organização, de acordo com a ênfase da tarefa, dos conteúdos metacientíficos, a partir dos objetivos da atividade. Por exemplo, sobre o que diz respeito ao Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudantes, a literatura especializada (veja, por exemplo: Lederman (1992; 2007)) já identificou e apontou algumas concepções consideradas equivocadas sobre a Ciência. Estas informações são fundamentais para a preparação de atividades. Elas são guiadas por este constructo ligante e acessadas pelo professor, o qual molda, por fim, o seu PCK/NdC.

O professor de Ciências/Física (também em formação) naturalmente deverá se alimentar deste constructo ao iniciar a construção de estratégias didáticas que visem o ensino de conteúdos metacientíficos. Portanto, ele molda o conhecimento de estratégias do professor. Ele guia a escolha das ferramentas didáticas na construção das atividades.

Sendo assim, as *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos* possibilitam um retrato dos conhecimentos que o professor necessita saber ao introduzir conhecimentos

sobre a Ciência na sala de aula. Para fins de exemplificação, mostraremos como o constructo ligante molda o PCK/NdC de um futuro professor de Física que se propõe a discutir com seus estudantes a visão do cientista na sociedade.

Neste exemplo, o professor propõe aos seus alunos que reportem às imagens, feitas na sua mente, quando escutam a palavra “cientista”. Em um próximo passo, o docente sugere que os estudantes, com o auxílio da internet, realizem uma pesquisa na qual a palavra é cientista. Logo após, é solicitado que comparem as imagens.

Um passo seguinte do professor, conhecedor da imagem caricata que é feita do cientista, a partir das orientações disponíveis no constructo ligante, é comparar as imagens dos estudantes com imagens de cientistas atuando em variados locais de trabalho como, por exemplo: oceanógrafo, biólogo, antropólogo e arqueólogo, problematizando as possíveis imagens com a dos seus estudantes, que, porventura, possam ser caricatas.

O cenário descrito ilustra o papel central que o constructo *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos* tem no ofício do professor, pois ele ajuda a moldar o planejamento, construção e aplicação da atividade.

De certo, o constructo ligante pode armazenar múltiplas orientações, que são influenciadas pelos conhecimentos da base, moldando os constructos efetivos do PCK/NdC. No caso hipotético que apresentamos, ele molda tanto o conhecimento do professor sobre a visão caricata dos estudantes como também a forma de discuti-lo em sala de aula.

Contudo, no momento da aplicação ou da avaliação da atividade pode aparecer um dilema ou situação problemática na qual o futuro professor não saiba resolver a priori. Como o PCK/NdC seria interpretado neste momento?

Acreditamos que o PCK/NdC, principalmente o dos futuros professores, não é estático, ou seja, ele é passível de desenvolvimento. Dessa forma, o docente, ao aprofundar seus conhecimentos relacionados aos constructos bases, porventura, poderá adicionar novos conhecimentos no seu próprio PCK/NdC. Ou seja, o PCK/NdC pode ser desenvolvido. Todavia, como se dá o processo de problematização e desenvolvimento do PCK/NdC?

Entendemos que o constructo ligante Reflexão colaborativa, alvo de discussão do próximo tópico, poderá contribuir na compreensão de como o PCK/NdC é desenvolvido pelos futuros professores de Física.

IV.1.2 Reflexão Colaborativa

O segundo constructo ligante é a *Reflexão Colaborativa*. Ele, igualmente ao outro constructo ligante, tem relações com todos os elementos do PCK/NdC, conforme mostramos na Fig. 2.

Conforme nosso entendimento de PCK/NdC como um constructo tácito, instável e passível de desenvolvimento ao longo do processo de ensino-aprendizagem, a reflexão colaborativa configura-se como um elemento central, pois possibilita, ao futuro professor de Ciências/Física, principalmente diante de dilemas e situações problemáticas de ensino-

aprendizagem, uma tomada de decisão que contribui, por exemplo, para as escolhas curriculares e metodológicas para a elaboração de estratégias didáticas.

Neste trabalho, defendemos que a reflexão colaborativa se refere aos momentos de reflexão do professor, principalmente quando são expostos em trabalhos colaborativos. Acreditamos que no processo de reflexão colaborativa são exaltados fatores não cognitivos, como, por exemplo, a afetividade, principalmente entre o docente universitário e os futuros professores de Física.

Acreditamos, também, que ela pode potencializar o processo de desenvolvimento do PCK/NdC. Em concordância com o que apresentamos, a reflexão colaborativa contribui também no processo de problematização e desenvolvimento de todos os componentes efetivos do PCK/NdC. Ela dá subsídios para que o futuro professor de Ciências/Física realize uma avaliação de suas práticas e, até mesmo, do seu PCK/NdC.

Assim, ela permite ao futuro professor de Ciências/Física, ao inserir conteúdos metacientíficos na sala de aula, refletir sobre sua ação pedagógica. Esta reflexão se dá sobre todos os componentes efetivos do PCK/NdC. Por exemplo, a partir da avaliação dos estudantes (e sobre a sua própria ação), o docente (inclusive em formação inicial) pode perceber lacunas nos processos que geraram problemas na sua ação. A reflexão colaborativa pode fornecer evidências na busca de melhorias na ação docente e, por consequência, desenvolver o PCK/NdC.

Tratando-se de forma específica a avaliação, compreendemos o seu papel na prática docente. Contudo, como relatam nos seus estudos Hanuscin, Lee e Akerson (2010) e Wahbeh e Abd-el-Khalick (2014), este quesito é problemático nos professores que pretendem inserir conteúdos metacientíficos na sala de aula. Para esses pesquisadores, os professores não avaliavam as ideias dos alunos sobre conteúdos metacientíficos usando avaliações formais; mas, sim, de modo informal, no qual o único instrumento, em vários casos, é somente um questionário.

Nesta direção, concluem Hanuscin, Lee e Akerson (2010), não são claros os motivos pelos quais alguns professores negligenciam avaliar os seus estudantes sobre conteúdos metacientíficos. Apesar disso, para as pesquisadoras, os professores simplesmente não o fazem por não possuírem conhecimento sobre isto.

Usando nosso modelo de PCK/NdC como lente para esta questão, a hipótese aqui levantada aponta para uma má construção do componente efetivo da nossa proposta de PCK/NdC – *Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos*.

Dessa forma, enxergamos lacunas maiores na formação do professor, pois, o mesmo, ao procurar *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos*, percebe não ser possuidor de um leque de metodologias, instruções e possibilidades de avaliar os seus estudantes.

Todos os aspectos levantados acima, conforme o nosso modelo de PCK/NdC mostra, podem deflagrar dilemas e situações problemáticas na estratégia didática idealizada pelo futuro professor, sejam na sua avaliação ou na aceitação da atividade diante de seus estudantes. Estes aspectos podem evidenciar a necessidade de desenvolvimento de alguns componentes e constructos do seu PCK/NdC.

IV.2 Os constructos efetivos

Agora, destacaremos os quatro componentes efetivos do nosso modelo de avaliação do PCK/NdC (Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudantes, Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos, Conhecimento do currículo de Ciências para ensinar conteúdos metacientíficos e Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos). Buscamos preencher, na medida do possível, uma lacuna já apresentada na literatura: a falta de relações entre os componentes do PCK.

IV.2.1 Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudantes

Iniciaremos nossa discussão pelo componente *Conhecimento da compreensão de Ciência dos estudantes*. Este componente do PCK/NdC se configura como o conhecimento que os futuros professores de Ciências/Física devem possuir sobre a compreensão dos estudantes sobre a Ciência.

Este componente adquire um papel determinante na aprendizagem de conteúdos metacientíficos, pois representa ideias que podem obstaculizar a aprendizagem dos estudantes. Embora a literatura apresente vários fatores para a existência destas concepções (por exemplo: possível transmissão do professor, livros inadequados, a influência de meios audiovisuais com problemas referentes à compreensão sobre o que é a Ciência, dentre outras), os professores devem conhecê-las, principalmente quando se propõem a elaborar atividades que visem o ensino de conteúdos metacientíficos. A partir do conhecimento do futuro professor destas dificuldades, ele poderá elaborar estratégias didáticas mais direcionadas para a aprendizagem destes conteúdos.

Este componente mantém relações com outros elementos do PCK/NdC, conforme mostramos na Fig. 2.

Ele apresenta ligações com os dois constructos ligantes. O primeiro, *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos*, é responsável pela sua estruturação. Já o segundo, *Reflexão colaborativa*, é responsável pelo seu desenvolvimento. Este processo de desenvolvimento, geralmente, dá-se pela necessidade de o professor ampliar seus conhecimentos sobre o entendimento dos seus estudantes sobre a Ciência.

Ademais, por apresentar uma relação mútua com o constructo ligante *Reflexão colaborativa*, o futuro professor de Ciências/Física, a partir de ações reflexivas, como por exemplo, de dilemas ou situações problemáticas estimuladas em uma aula com estudantes do ensino médio, pode perceber possíveis relações entre o não entendimento da compreensão dos estudantes sobre a Ciência e deficiências na construção da sua estratégia de ensino.

Outra relação mútua do componente discutido se dá com o componente *Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Conforme abordamos acima, o conhecimento das concepções de Ciência e das suas dificuldades de aprendizagem pode direcionar o futuro professor de Ciências/Física na escolha da melhor estratégia didática para o tema a ser discutido na sala de aula.

IV.2.2 Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos

O próximo componente diz respeito ao *Conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Ele tem por finalidade proporcionar, ao futuro professor de Ciências/Física, conhecimentos relacionados às propostas de inserção de conteúdos metacientíficos na sala de aula. Na Fig. 2 apresentamos as possíveis relações que podem existir entre este componente e os demais elementos do PCK/NdC.

No componente anterior, apresentamos uma relação mútua que ocorre entre os tópicos. Exibimos a necessidade de o futuro professor Ciências/Física conhecer o perfil dos seus estudantes, principalmente no tocante às dificuldades de aprendizagem e concepções prévias sobre o assunto.

Entendemos que esta compreensão possibilita o acesso ao *conhecimento das estratégias instrucionais para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Compreendemos que o uso de estratégias didáticas bem pensadas e adequadas possibilitam o acesso ao conhecimento da compreensão de Ciências, como podemos encontrar em algumas atividades propostas com o uso da História da Física (por exemplo: Forato (2009) e Silva (2010), citando apenas alguns).

A escolha desta ou daquela estratégia de ensino também mantém relações com a reflexão colaborativa que é feita diante de situações de ensino-aprendizagem, com destaque para situações problemáticas, que exigem uma melhor compreensão e desenvolvimento deste componente do PCK/NdC.

Ou seja, para estas situações de ensino-aprendizagem, nas quais o futuro professor de Ciências/Física encontra-se sem maiores soluções, a reflexão colaborativa pode apontar para lacunas de conhecimentos da sua base para o ensino que são importantes, como, por exemplo, no planejamento de qual estratégia didática utilizar na execução de uma aula simulada.

Neste quesito, a literatura especializada já acena com várias possibilidades de inserção de conteúdos metacientíficos como, por exemplo: a) uso da História da Ciência (Forato (2009), Silva (2010) e Monteiro (2014)); b) uso de júri-simulado (Silva e Martins (2009)); c) uso de mídias digitais (Santana (2014)) e d) histórias em quadrinhos e escritas (Faria et al (2014)).

A partir da detecção da lacuna e da procura de conhecimentos na base de ensino para o preenchimento dela, entendemos que a tomada de decisão do futuro professor sobre qual estratégia de ensino utilizar seja decorrente principalmente de suas crenças relacionadas ao ensino-aprendizagem de Ciências, oriundas da reflexão dos conhecimentos da sua base de ensino.

Dessa forma, professores com o melhor desenvolvimento deste componente do PCK/NdC, possivelmente, apresentarão conhecimentos mais elaborados sobre estratégias de ensino, quando comparados aos professores que não desenvolveram este componente no seu PCK/NdC. Isto poderá implicar em conhecimentos limitados e fragmentados de como levar conteúdos metacientíficos para a sala de aula.

IV.2.3 Conhecimento do currículo de Ciências para ensinar conteúdos metacientíficos

O terceiro componente é *Conhecimento do currículo de Ciências para ensinar conteúdos metacientíficos*. Ele é moldado pelo constructo ligante *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos* e apresenta relações com outros elementos do PCK/NdC, conforme exposto na 2.

Este componente compreende o conhecimento que os professores necessitam possuir sobre as metas e objetivos de aprendizagens dos alunos em relação aos conteúdos metacientíficos que desejam lecionar. Ele vai ao encontro das discussões de Shulman (1987), que já sinalizava que esses procedimentos são centrais para o ensino, pois possibilitam que o professor desenvolva nos alunos a capacidade de pensar fatos, princípios e procedimentos que contribuam na resolução de problemas na sala de aula.

Tomando como base a proposta de Martins (2015), este componente pode nortear o futuro professor de Ciências/Física na direção de quais temas e (ou) questões sobre a Ciência podem ser usados concomitantemente a um conceito da Física ou da História da Física, por exemplo.

Neste sentido, a literatura especializada já aponta várias possibilidades de ensino de conteúdos metacientíficos com o auxílio da História da Física (p.ex.: Vannucchi (1996); Forato (2009); Silva (2010); Monteiro (2014), citando apenas alguns).

Ele se divide em dois subcomponentes: *Metas e Objetivos do ensino de conteúdos metacientíficos* e *Documentos e Programas oficiais para o ensino de conteúdos metacientíficos*.

O primeiro subcomponente diz respeito, efetivamente, àquilo que se pretende que o aluno aprenda dos conteúdos metacientíficos. Ele orienta o professor sobre os objetivos de aprendizagem dos estudantes sobre cada conteúdo sobre a Ciência. Este componente contribui na articulação com outras áreas do saber como, por exemplo, a Física, a História, a Filosofia, a Sociologia, dentre outras, dando ao ensino de conteúdos metacientíficos um caráter interdisciplinar.

Ele tem relações com o componente *Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos*, pois os objetivos da aprendizagem direciona o futuro professor de Ciências/Física sobre que tipo de avaliação é mais adequado em cada situação.

O segundo subcomponente consiste nos *Documentos e Programas oficiais para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Ele expressa-se no conhecimento de programas e documentos que são relevantes para o ensino de conteúdos metacientíficos.

Nesse sentido, na literatura especializada, nos últimos 30 anos, podemos notar o desenvolvimento de várias propostas que discutem a inserção de conteúdos metacientíficos no ensino. Este fato vem ocasionando mudanças, no decorrer destas décadas, no que o professor precisa saber para cumprir a tarefa de inserir conteúdos metacientíficos na sala de aula.

Conforme ressaltam McComas e Olson (2002), uma análise qualitativa das propostas de alguns destes documentos que regem o ensino de Ciências de países como Estados Unidos,

Austrália, Inglaterra, Nova Zelândia e Canadá, demonstra que já existe, há algum tempo, a preocupação na comunicação de conteúdos metacientíficos para os estudantes destas nações. Os pesquisadores relatam que os objetivos destes documentos foram definir que conteúdos metacientíficos podem ser ensinados e aprendidos.

No caso do Brasil, desde o século passado, a preocupação com conteúdos metacientíficos faz-se presente, notadamente relacionada à perspectiva histórica. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio (PCN), por exemplo, destacam que é preciso:

[...] Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreender, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a às transformações sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança.

[...] Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas (BRASIL, p. 14, 2002).

Além disso, ainda no contexto nacional, é possível encontrar uma série de dissertações, teses e artigos que se propõem a realizar tal tarefa, conforme mostramos neste trabalho. Portanto, para o desenvolvimento deste componente do PCK/NdC, tais discussões precisam existir na formação inicial dos futuros professores Ciências/Física. Dessa forma, o professor alargará seu PCK/NdC, desenvolvendo intervenções que possibilitem ao seu aluno um conhecimento mais adequado dos temas sobre a Ciência a serem estudados.

IV.2.4 Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos

O último componente do PCK/NdC é o *Conhecimento da avaliação de conteúdos metacientíficos*. Ele se refere ao conhecimento sobre avaliação que é importante no momento da aferição de conteúdos metacientíficos. Este conhecimento dos professores sobre avaliação é moldado pelo constructo *Orientações para o ensino de conteúdos sobre Ciência*. Ele mantém uma relação mútua com a *Reflexão colaborativa*, conforme destacamos na figura 6. O conhecimento do futuro professor de Ciências/Física, necessário para avaliar seus alunos no que diz respeito à aprendizagem de conteúdos metacientíficos, é moldado pelas *Orientações para o ensino de conteúdos metacientíficos*. Ele constitui-se a partir dos elementos de metodologias de avaliação das aprendizagens de conteúdos metacientíficos, que são aprendidos e vivenciados pelos futuros professores de Ciências/Física em sua formação inicial. Nele, o futuro professor de Ciências/Física encontra exemplos e orientações de propostas de avaliação específicas para cada situação, decorrentes de experiências formativas.

Conforme já ressaltado neste trabalho, Hanuscin, Lee e Akerson (2010), em suas pesquisas de campo, já sinalizavam certa negligência dos professores em avaliar os seus estu-

dantes no que diz respeito às aprendizagens de conteúdos metacientíficos. Porém, as investigadoras não sinalizam possíveis causas para este fenômeno. Mas, as pesquisadoras sinalizam que o episódio pode ocorrer devido à falta de formação do professor para avaliá-los.

Vamos ao encontro do entendimento das investigadoras. Compreendemos que, em alguns momentos, o instrumento de avaliação construído pelo docente pode, fortuitamente, não acessar adequadamente a aprendizagem dos alunos. Por exemplo, talvez o uso de uma prova escrita para a aferição de habilidades e competências adquiridas no laboratório de Física, casualmente, não se configure como o instrumento de avaliação mais adequado. Possivelmente, o professor não encontrará a aprendizagem desejada com o uso desse instrumento, entretanto, isso não significa ausência de aprendizado.

Este fato pode sintetizar o que Hanuscin, Lee e Akerson (2010) descrevem como a inércia dos professores em avaliar o conhecimento sobre a Ciência de seus estudantes. Provavelmente, eles não avaliam devido à falta de conhecimento de como isso deva ser feito, ou, avaliam a partir de questionários, que nem sempre se configuram como a ferramenta mais adequada para acessar estas aprendizagens, conforme relatam as investigadoras.

Entendemos que estes fatores são decorrentes do complexo processo de desenvolvimento deste componente do PCKNdC, o qual implica várias questões na formação inicial do futuro professor de Ciências/Física. Portanto, na formação inicial, os futuros professor de Ciências/Física devem ser postos em situações que possibilitem o desenvolvimento e a reflexão deste componente do PCK/NdC.

Defendemos que um momento importante para o desenvolvimento deste componente seria a imersão dos futuros professores em situações problemáticas (por exemplo: reflexão coletiva diante de aulas simuladas, análise do planejamento, avaliação de seu desempenho ao lecionar conteúdos sobre a Ciência), as quais coloquem em cheque tanto o componente em discussão como o seu próprio PCK/NdC.

Neste sentido, a reflexão colaborativa poderá contribuir no desenvolvimento deste componente, proporcionando um incremento no seu PCK/NdC, o qual influenciará, com maior solidez, na tomada de decisão do que fazer diante de situações problemáticas como, por exemplo, na avaliação das aprendizagens dos seus estudantes.

Desse modo, este ciclo de autoavaliação e reflexão do futuro professor de Ciências/Física pode proporcionar a elaboração de processos avaliativos mais específicos para os conteúdos metacientíficos trabalhados em sala, permitindo o acesso de aprendizagens invisíveis a outros instrumentos avaliativos de caráter mais geral.

V. Implicações para a formação de professores e para o ensino de Ciências/Física

Nesta seção, iremos abordar algumas possíveis implicações do nosso modelo de avaliação do PCK/NdC para a pesquisa e o ensino de futuros professores de Ciências/Física. Destacamos, inicialmente, algumas características do modelo:

1. Possibilita aos professores formadores examinarem conhecimentos e crenças existentes em relação aos conteúdos metacientíficos e seu ensino;
2. Possibilita o mapeamento de relações entre o conhecimento metacientífico e o conhecimento pedagógico e
3. Possibilita o estudo e compreensão de experiências de ensino-aprendizagem de conteúdos metacientíficos, em diferentes contextos formativos.

Assim, compreendemos que o estudo e a pesquisa em torno do modelo avaliativo do PCK/NdC podem fornecer subsídios para a reformulação de currículos de formação de professores de ciências. Deste modo, com o acesso e a compreensão de boas práticas de ensino-aprendizagem de conteúdos metacientíficos, os professores formadores podem colaborar de forma mais significativa com professores inexperientes no ensino de tais conteúdos, inserindo novos conhecimentos na sua formação.

Os cursos de formação de professores devem abrir espaços para estas discussões na formação inicial dos futuros professores de Física, possibilitando a discussão teórica e prática de estratégias de ensino com tais finalidades. Neste sentido, acreditamos que um local propício para esta abordagem seja, naturalmente, disciplinas integradoras como as que lidam com elementos de História e de Filosofia da Ciência, acentuando, principalmente, suas relações com o ensino de Física.

Dessa forma, alguns autores (por exemplo: FORMOSINHO, 2001; PIMENTA, 2005; KIND, 2009) argumentam a necessidade de os futuros professores serem inseridos em diferentes contextos inerentes à sua prática profissional, inclusive dentro da própria instituição de ensino superior, como, por exemplo: ministrarem aulas simuladas (individualmente e em grupos) para seus pares; construírem estratégias de ensino, sequências didáticas, planos de aula; realizarem análises de estudos de caso e de ensino, dentre outras.

Com isso, não queremos aqui descaracterizar experiências de campos “genuínas” *in loco*, mas, também, inserir outros contextos de formação e oportunidades de ensinar, aprender, avaliar e refletir, que são tijolos que modelam o profissional da docência.

Dessa forma, mesmo que o PCK/NdC seja um produto oriundo da atividade de ensino, acreditamos que não é só o estado da prática *in loco* que possibilita o seu desenvolvimento pelos futuros docentes. Por consequência, quanto mais ampla a prática pedagógica à qual o futuro professor é submetido, seja na instituição formadora ou fora dela, maior será a reflexão sobre sua prática, potencializando a eficiência do professor ao ensinar conteúdos metacientíficos, como prevê nosso modelo de avaliação do PCK/NdC.

Assim, é preciso (re)considerar a criação de espaços de reflexão na formação inicial destes professores, com destaque para a reflexão colaborativa e em grupos, sobre os conteúdos metacientíficos e os pedagógicos, possibilitando uma discussão de conhecimentos e práticas que favoreçam o desenvolvimento do PCK/NdC.

VI. Considerações finais

Compreendemos o PCK como um conhecimento especializado que o professor detém acerca do conteúdo. Devido a esta característica, acreditamos que o PCK pode criar pontes entre a teoria e a prática docente, cuja ausência é alvo de críticas reiteradas de professores, futuros professores e investigadores nos campos da Educação e do Ensino de Ciências/Física. Por causa deste fato, Kind (2009) destaca que o PCK é utilizado como elemento teórico para compreensão do pensamento do professor, originando vários modelos de interpretação e definição do constructo.

Seguindo esta direção, tentamos trazer, para dentro do nosso modelo avaliativo do PCK/NdC, fatores (conhecimentos) já consolidados em outras propostas; mas, também, novos elementos, os quais, inclusive, o próprio Shulman e seus colaboradores não incluíram inicialmente, como, por exemplo, fatores não cognitivos.

Embora Hanuscin, Lee e Akerson (2010) destaquem a escassez de modelos específicos para o PCK/NdC como uma carência da área, buscamos com base nas propostas do próprio Shulman (1986; 1987), Magnusson, Borko e Krajilick (1999) e Park e Oliver (2008)¹², sanar algumas críticas recorrentes, como, por exemplo:

1. A inserção de fatores não cognitivos.

Na nossa proposta, a reflexão colaborativa¹³ compreende elementos da afetividade, principalmente as relações existentes entre os futuros professores e seus formadores, ao serem expostos em práticas e atividades colaborativas. Esse aspecto foi alvo de críticas nas propostas iniciais de Shulman.

2. Incluímos relações entre os conhecimentos que compõem o próprio PCK/NdC e os conhecimentos da base para o ensino (ver Fig. 1 e 2), algo que era alvo de críticas na proposta de Magnusson, Borko e Krajilick (1999). Assim, propusemos relações entre os constructos efetivos do PCK/NdC entre si, inicialmente, e, posteriormente, com a colaboração dos constructos ligantes.

3. Em relação ao modelo de Park e Oliver (2008), ainda que as autoras destaquem a NdC dentro da sua proposta de PCK para o ensino de Ciências, ela não se apresenta de maneira articulada com os demais conhecimentos da base para o ensino, talvez por ser uma orientação de cunho mais generalista. Já no nosso modelo, desenvolvemos os conhecimentos efetivos do PCK/NdC, alargando o papel da NdC e seu ensino dentro do PCK.

Além disso, entendemos que o modelo avaliativo do PCK/NdC pode oferecer um melhor referencial no que diz respeito à análise e compreensão das competências e habilidades, inerentes ao futuro professor de Física, durante o processo de construção, aplicação e

¹² Uma discussão detalhada destes modelos de PCK para o ensino de Ciências é apresentada em Silva e Martins (2018b).

¹³ Um estudo aprofundando sobre como se dá o processo de reflexão colaborativa no desenvolvimento e possíveis relações com conhecimentos efetivos do PCK/NdC encontra-se em Silva e Martins (2018c).

avaliação de estratégias didáticas que se propõem a problematizar conteúdos metacientíficos, possibilitando, assim, o mapeamento dos conhecimentos que o professor em formação acessa no percurso.

Dessa forma, compreendemos que o conceito de PCK, de forma geral, e o PCK/NdC, de forma específica, devem ser alvos de ensino e pesquisa na formação inicial, contribuindo para que os professores em formação possam conhecer e detectar possíveis lacunas na sua formação.

Seguindo este raciocínio, pode-se colocar em prática nosso modelo, com intuito de entender como o futuro professor de Física desenvolve o seu PCK/NdC em situações de ensino-aprendizagem, na sua formação inicial, acessando, no decorrer do percurso, suas dificuldades, conhecimentos, crenças e, principalmente, práticas pedagógicas que favorecem o seu desenvolvimento¹⁴.

Por fim, consideramos, também, que a partir da avaliação do desenvolvimento do PCK/NdC de futuros professores de Física, é possível desenvolver práticas pedagógicas mais adequadas, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento do PCK/NdC na formação inicial de professores de Física.

Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Uma introducción a la naturaleza de la ciencia**: La epistemologia en la enseñanza de las ciencias naturales. 1. ed. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 104p, 2005.

CRISPIM, C. V. **O conhecimento pedagógico do conteúdo de licenciando em Química: uma experiência baseada na produção de sequências didáticas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Estadual de Santa Cruz.

DEMIRDOGEN, B. *et al.* Development and nature of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge for nature of science. **Research in Science Education**, p. 1-38, 2015.

FARIA, C. *et al.* "Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2014.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo caso a partir da história da luz**. 2009. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

¹⁴ Um estudo dessa natureza foi realizado e pode ser encontrado em Silva (2018).

GARCIA, C. M. Como conocen los profesores la matéria que enseñan: algunas contribuições de La investigación sobre conocimiento didactico del contenido. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIDÁTICAS ESPECÍFICAS NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR, 1992, Santiago de Compostela. **Actas...** p. 1-35.

GESS-NEWSOME, J. Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation In: GESS-NWESOME, J.; LEDERMAN, N.G. (Eds). **Examining pedagogical content knowledge: PCK and science education**. Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 1999. p. 3-17.

GOES, L. F. **Conhecimento pedagógico do conteúdo**: estado da arte no campo da educação e no ensino de química. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

HANUSCIN, D. L.; LEE, M. H.; AKERSON, V. L. Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. **Science Teacher Education**, v. 95, n. 1, p. 145-167, 2010.

KHINE, M.S. (Ed.) **Advances in Nature of Science Research** - Concepts and Methodologies. Dordrecht: Springer, 2012.

KIND, V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. **Studies in science education**, v. 45, n. 2, p. 169-204, 2009.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of Science: past, present and future. In: ABELL, S. K; LEDERMAN, N.G (Org). **Handbook of Research on Science Education**. Mahwal: Lawrence Erlball Associates, p. 831-880, 2007.

LOUGHRAN, J. *et al.* Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. **Research in Science Education**, v. 31, n. 2, p. 289-307, 2001.

LOUGHRAN, J; MULHALL, P; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: **Examining pedagogical content knowledge**. Springer Netherlands, 1999. p. 95-132.

MARCON, D. **Construção do conhecimento pedagógico do conteúdo dos futuros professores de educação física**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências do Desporto) - Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. The role and character of the nature of science in science education. In: **The nature of science in science education: rationales and strategies**. Springer Netherlands, 2002. p. 3-39.

McCOMAS, W. F.; OLSON, J. K. The nature of science in international science education standards documents. In: **The nature of science in science education: rationales and strategies**. Springer Netherlands, 2002. p. 41-52.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física**: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MOREIRA, W. A. **Desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo para argumentação (PCKarg) de um professor de química recém formado**. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

PARK, S.; OLIVER, S. Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. **Research in Science Education**, New York, v. 38, p. 261-284, 2008.

SANTANA, E. R. **A abordagem da natureza da ciência subsidiada por recursos fílmicos em uma comunidade de prática**. 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo.

SCHWARTZ, R. S.; LEDERMAN, N. G. “It's the nature of the beast”: The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 3, p. 205-236, 2002.

SHULMAN, L. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, p. 4-14, 1986.

_____. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Education Review**, v. 57, n. 1, p. 1-23, 1987.

_____. PCK: Its genesis and exodus. In: BERRY, A; FRIEDRICHSEN, P; LOUGHRAN, J (Ed.). **Re-examining pedagogical content knowledge in science education**. Routledge, p. 3-13, 2015.

SILVA, B. V. C. **Controvérsias sobre a natureza da luz**: uma aplicação didática. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

_____. **O desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo referente à temática Natureza da Ciência na formação inicial de professores de Física.** 2018. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. (em avaliação). O conhecimento pedagógico do conteúdo: características, modelos e implicações ao ensino de Ciências, 2018b.

_____.; _____. (em avaliação). A reflexão colaborativa no desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo referente à temática Natureza da Ciência de futuros professores de Física, 2018c.

TESTONI, L. A. **Caminhos criativos e elaboração de conhecimentos pedagógicos de conteúdo na formação inicial do professor de física.** 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula.** 1996. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WAHBEH, N.; ABD-EL-KHALICK, F. Revisiting the translation of nature of science understandings into instructional practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 3, p. 425-466, 2014.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).