

ENGENHARIA DIDÁTICA, TEORIA DAS SITUAÇÕES DIDÁTICAS E PCK: UM MODELO INTEGRADOR PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA E MATEMÁTICA

DIDACTIC ENGINEERING, THEORY OF DIDACTIC SITUATIONS, AND PCK: AN INTEGRATIVE MODEL FOR PHYSICS AND MATHEMATICS TEACHER EDUCATION

INGENIERÍA DIDÁCTICA, TEORÍA DE LAS SITUACIONES DIDÁCTICAS Y CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO: UN MODELO INTEGRADOR PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS.

Tiago Leão Barnabé¹

RESUMO: Este artigo teórico propõe um modelo integrador para a formação inicial de professores de Física e Matemática, articulando três referenciais: a Teoria das Situações Didáticas (TSD), de Guy Brousseau; o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), de Lee Shulman; e a Engenharia Didática (ED), de Michèle Artigue. O objetivo é examinar os potenciais e os limites desse modelo para superar a fragmentação entre saberes disciplinares e pedagógicos nos currículos de licenciatura. A TSD oferece princípios epistemológicos para conceber situações de aprendizagem; o PCK descreve o conhecimento profissional mobilizado pelo professor; e a ED, em sua vertente de Engenharia Didática de Formação, atua como dispositivo metodológico que integra teoria e prática. A análise revela que o modelo potencializa a articulação entre teoria e prática, o desenvolvimento integrado do PCK e a reflexão sobre a ação docente, promovendo a mobilização simultânea de subdomínios do conhecimento profissional em todas as fases do processo formativo. Contudo, enfrenta limites como a exigência de domínio teórico do formador, condições institucionais adequadas, resistências dos licenciandos e a necessidade de validação empírica. Conclui-se que o modelo é promissor para a formação de professores, desde que adaptado às especificidades da Matemática (natureza dedutiva) e da Física (natureza experimental e modelizadora). Pesquisas futuras devem operacionalizar e testar empiricamente a proposta em contextos diversos de formação inicial.

Palavras-chave: Formação de professores. Didática da Matemática. Ensino de Física. Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Engenharia Didática.

ABSTRACT: This theoretical article proposes an integrative model for the initial training of Physics and Mathematics teachers, articulating three theoretical frameworks: the Theory of Didactical Situations (TDS), by Guy Brousseau; Pedagogical Content Knowledge (PCK), by Lee Shulman; and Didactic Engineering (DE), by Michèle Artigue. The aim is to examine the potentials and limits of this model for overcoming the fragmentation between disciplinary and pedagogical knowledge in undergraduate teaching curricula. The TDS offers epistemological principles for designing learning situations; PCK describes the professional knowledge mobilised by the teacher; and DE, in its Didactic Engineering for Teacher Education modality, acts as a methodological device that integrates theory and practice. The analysis reveals that the model enhances the articulation between theory and practice, the integrated development of PCK, and reflection on teaching action, promoting the simultaneous mobilisation of professional knowledge subdomains throughout all phases of the formative process. However, it faces limitations such as the demand for theoretical mastery by the teacher educator, adequate institutional conditions, student resistance, and the need for empirical validation. It is concluded that the model is promising for teacher education, provided it is adapted to the specificities

¹ Mestre em Educação em Ciências. Professor na licenciatura em Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas.

of Mathematics (deductive nature) and Physics (experimental and modelling nature). Future research should operationalise and empirically test the proposal in diverse initial training contexts.

Keywords: Teacher education. Mathematics didactics. Physics teaching. Pedagogical Content Knowledge. Didactic Engineering.

RESUMEN: Este artículo teórico propone un modelo integrador para la formación inicial de profesores de Física y Matemáticas, articulando tres referentes teóricos: la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD), de Guy Brousseau; el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK), de Lee Shulman; y la Ingeniería Didáctica (ID), de Michèle Artigue. El objetivo es examinar los potenciales y límites de este modelo para superar la fragmentación entre saberes disciplinares y pedagógicos en los currículos de licenciatura. La TSD ofrece principios epistemológicos para concebir situaciones de aprendizaje; el PCK describe el conocimiento profesional movilizado por el profesor; y la ID, en su vertiente de Ingeniería Didáctica de Formación, actúa como dispositivo metodológico que integra teoría y práctica. El análisis revela que el modelo potencializa la articulación entre teoría y práctica, el desarrollo integrado del PCK y la reflexión sobre la acción docente, promoviendo la movilización simultánea de subdominios del conocimiento profesional en todas las fases del proceso formativo. Sin embargo, enfrenta límites como la exigencia de dominio teórico del formador, condiciones institucionales adecuadas, resistencias de los licenciandos y la necesidad de validación empírica. Se concluye que el modelo es prometedor para la formación de profesores, siempre que se adapte a las especificidades de las Matemáticas (naturaleza deductiva) y la Física (naturaleza experimental y modelizadora). Investigaciones futuras deben operacionalizar y probar empíricamente la propuesta en diversos contextos de formación inicial.

Palabras clave: Formación de profesores. Didáctica de las Matemáticas. Enseñanza de la Física. Conocimiento Pedagógico del Contenido. Ingeniería Didáctica.

1 INTRODUÇÃO

2

A formação inicial de professores que ensinam Ciências e Matemática confronta, há pelo menos cinco décadas, um problema estrutural cuja persistência desafia sucessivas reformas curriculares e inovações pedagógicas. Trata-se da conhecida fragmentação entre os saberes disciplinares e os saberes pedagógicos que compõem a base de conhecimento para o ensino, dicotomia que se materializa na arquitetura curricular dos cursos de licenciatura, na qual as disciplinas de conteúdo específico e as disciplinas de fundamentos educacionais frequentemente coexistem sem diálogo efetivo. Essa cisão, longe de ser uma mera questão organizacional, produz consequências concretas e duradouras na prática docente, manifestando-se na dificuldade que professores iniciantes experimentam ao transpor o conhecimento científico que dominam para situações de ensino que efetivamente promovam a aprendizagem dos alunos. A literatura especializada tem documentado exaustivamente esse fenômeno, evidenciando que a separação entre o "saber" e o "saber ensinar" não apenas empobrece a ação didática, mas também alimenta, entre os futuros professores, uma compreensão empobrecida da própria natureza do conhecimento científico e de suas possibilidades de transformação em saber escolar (Tardif, 2002; Gauthier et al., 1998; Ponte, 1999).

Diversas tradições de pesquisa em educação científica têm se debruçado sobre essa questão, propondo constructos teóricos e dispositivos formativos capazes de promover uma integração mais orgânica entre as diferentes dimensões do saber docente. Entre essas tradições, três referenciais têm se destacado pela potência explicativa e pelo potencial aplicado que oferecem à formação de professores, embora cada um tenha emergido em contextos epistemológicos e institucionais distintos. Trata-se da Teoria das Situações Didáticas (TSD), formulada por Guy Brousseau no seio da Didática da Matemática Francesa; do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), proposto por Lee Shulman no âmbito da Psicologia Educacional Norte-Americana; e da Engenharia Didática (ED), sistematizada por Michèle Artigue como uma metodologia de pesquisa ancorada nos pressupostos da própria TSD.

A TSD, cujas origens remontam aos trabalhos de Brousseau na década de 1960 e que se consolidou como um dos pilares da Didática da Matemática contemporânea, concebe a aprendizagem como um processo que emerge da interação do aluno com situações-problema cuidadosamente concebidas, nas quais o conhecimento matemático se constitui como uma ferramenta para resolver um desafio e não como um conteúdo a ser transmitido ou memorizado (Brousseau, 1996). Essa perspectiva, fortemente influenciada pela epistemologia genética de Piaget e pela teoria dos jogos, introduz um vocabulário analítico de grande precisão, que inclui noções como contrato didático, que designa o conjunto de regras implícitas que regulam a relação entre professor, aluno e saber; as dialéticas fundamentais da ação, da formulação, da validação e da institucionalização, que descrevem as fases de apropriação do conhecimento pelo aluno; e a distinção entre situações didáticas, adidáticas e não didáticas, que permite ao pesquisador e ao professor analisar com fineza os diferentes momentos da interação didática. A TSD, portanto, oferece não apenas um quadro interpretativo para compreender os fenômenos que ocorrem em sala de aula, mas também um conjunto de princípios para o planejamento de intervenções didáticas que colocam o aluno no centro do processo de construção do conhecimento.

O PCK, por sua vez, emerge como uma resposta à mesma fragmentação que aqui se diagnostica, embora a partir de um olhar centrado no professor e em sua base de conhecimentos. Shulman (1986, 1987) argumenta que o conhecimento do professor não se reduz ao domínio do conteúdo específico, nem ao conhecimento pedagógico geral, mas constitui uma categoria distinta e original que amalgama conteúdo e pedagogia em uma síntese que é mobilizada quando o professor precisa tornar um tópico específico compreensível para os alunos. O PCK inclui,

entre outros componentes, o conhecimento das representações mais úteis para ensinar um determinado conteúdo, o conhecimento das dificuldades e concepções alternativas dos alunos, e o conhecimento das estratégias de ensino mais adequadas para superar tais dificuldades. Desde sua proposição original, o construto tem sido extensivamente revisitado e desdobrado, dando origem a modelos mais refinados que distinguem diferentes subdomínios do PCK e que investigam suas relações com outras dimensões do conhecimento docente, como as crenças e a identidade profissional (Fernandez, 2015; Park & Oliver, 2008). No contexto brasileiro, pesquisas recentes têm se dedicado a mapear o desenvolvimento do PCK em professores de Ciências e Matemática, evidenciando que, embora os licenciandos consigam expressar alguns subdomínios em materiais didáticos que produzem, outros, particularmente aqueles referentes às dificuldades dos alunos e à avaliação, permanecem menos consolidados (Barnabé et al., 2025; Silva & Schnetzler, 2014).

A Engenharia Didática, por seu turno, constitui uma metodologia de pesquisa que se estrutura em quatro fases interligadas: as análises prévias, a concepção e análise a priori, a experimentação em sala de aula e a análise a posteriori com validação das hipóteses (Artigue, 1996). Originalmente concebida como um dispositivo para a produção de conhecimento sobre os processos de ensino e aprendizagem, a ED tem sido progressivamente apropriada como um instrumento de formação de professores, especialmente em suas vertentes de Engenharia Didática de Desenvolvimento e de Engenharia Didática de Formação (EDF). A EDF, em particular, tem se revelado um ambiente privilegiado para colocar o professor em formação na posição ativa de concebedor, implementador e analisador de sequências de ensino, promovendo, assim, uma articulação entre teoria e prática que os currículos tradicionais raramente conseguem proporcionar (Alves, 2017; Sousa et al., 2020). Ao participar de todas as fases da ED, o futuro professor é confrontado com a necessidade de mobilizar simultaneamente seu conhecimento do conteúdo, seu conhecimento sobre os alunos e seu conhecimento sobre estratégias de ensino, o que, em tese, favorece o desenvolvimento integrado do PCK.

Embora esses três referenciais tenham trajetórias e filiações teóricas distintas, pesquisadores têm apontado para suas complementaridades e para a fecundidade de colocá-los em diálogo (Santos & Alves, 2017; Pais, 2002). A TSD oferece princípios epistemológicos e didáticos para a concepção de situações de aprendizagem, respondendo à questão de como o conhecimento se constrói na interação do sujeito com o meio; o PCK descreve o conhecimento profissional que o professor mobiliza e desenvolve ao planejar e implementar o ensino,

respondendo à questão de o que o professor precisa saber para ensinar bem; e a ED atua como uma metodologia e um dispositivo formativo que integra teoria e prática, respondendo à questão de como formar professores que saibam mobilizar esses conhecimentos em situações reais de sala de aula. Essa tríplice articulação, no entanto, permanece em grande parte inexplorada em sua potência formativa, especialmente no que se refere à superação da fragmentação entre saberes disciplinares e pedagógicos na formação inicial de professores de Física e Matemática. A maioria dos estudos que articulam dois desses referenciais, por exemplo, a TSD e a ED ou o PCK e a ED, não os integra em um modelo único e sistemático, o que sugere uma lacuna a ser preenchida por investigações que assumam a complexidade e a multidimensionalidade do conhecimento profissional docente.

É nesse contexto de lacuna teórica e de persistência de um problema prático que se insere a presente investigação. Partindo do pressuposto de que a integração entre a TSD, o PCK e a ED pode constituir um modelo formativo capaz de enfrentar a fragmentação historicamente identificada nos currículos de licenciatura, este artigo propõe-se a examinar os potenciais e os limites de um modelo ancorado nessa tríplice articulação para a formação inicial de professores de Física e Matemática. A questão de pesquisa que orienta esta reflexão é, portanto, a seguinte: quais são os potenciais e os limites de um modelo formativo ancorado na tríplice articulação TSD-PCK-ED para a superação da fragmentação entre saberes disciplinares e pedagógicos na formação inicial de professores?

5

Para responder a essa questão, o artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdução. A primeira seção apresenta o referencial teórico que fundamenta a proposta, explorando em profundidade cada um dos três construtos e as articulações possíveis entre eles. A segunda seção propõe o modelo integrador e discute seus potenciais e limites. A terceira seção examina as implicações do modelo para a formação de professores de Física e Matemática, considerando as especificidades epistemológicas de cada área. As considerações finais retomam a questão de pesquisa, sintetizam as contribuições e apontam direções para pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS E CONCEITUAIS

A proposição de um modelo formativo ancorado na tríplice articulação entre a Teoria das Situações Didáticas, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e a Engenharia Didática exige, como condição preliminar indispensável, uma explicitação rigorosa dos fundamentos epistemológicos e conceituais de cada um desses referenciais. Esta seção apresenta, portanto,

uma exposição sistemática de cada constructo, situando suas origens, seus desenvolvimentos e suas aplicações no campo da formação de professores de Ciências e Matemática, bem como uma análise das interlocuções possíveis entre eles.

2.1 Teoria das Situações Didáticas

A Teoria das Situações Didáticas, formulada por Guy Brousseau a partir de meados da década de 1960 no contexto da Didática da Matemática Francesa, constitui um dos marcos epistemológicos mais influentes da educação matemática contemporânea. Sua emergência está associada à constituição da Didática da Matemática como um campo científico autônomo, que se distingue tanto da psicologia educacional quanto da pedagogia geral por seu objeto específico: as condições de produção, circulação e apropriação do conhecimento matemático em situações de ensino e aprendizagem (Brousseau, 1996; Pais, 2002). A TSD, nesse sentido, não se apresenta como um conjunto de prescrições metodológicas, mas como uma teoria que busca descrever e explicar os fenômenos didáticos a partir da análise das interações entre três polos fundamentais: o professor, o aluno e o saber.

O conceito central da TSD é o de situação didática, entendida como o conjunto de relações estabelecidas explicitamente ou implicitamente entre um aluno, um meio e um sistema educativo com vistas à aprendizagem de um conhecimento específico (Brousseau, 1996). Brousseau distingue, nesse âmbito, três tipos fundamentais de situações. As situações didáticas são aquelas em que o professor intervém explicitamente com a intenção de ensinar, explicitando os objetivos e orientando as ações dos alunos. As situações adidáticas correspondem aos momentos em que o aluno interage com o meio e com o problema proposto sem a intervenção direta do professor, sendo desafiado a produzir e validar suas próprias estratégias. As situações não didáticas, por fim, são aquelas em que não há intencionalidade de ensino, embora possam ocorrer aprendizagens. A distinção entre esses tipos de situações é fundamental para a TSD, pois é precisamente na passagem das situações adidáticas para as situações didáticas que se situa o cerne do processo de construção do conhecimento: o aluno, ao resolver um problema sem a mediação imediata do professor, é levado a produzir um conhecimento que, posteriormente, será institucionalizado e formalizado na interação com o professor e com a turma.

A TSD introduz, ainda, a noção de contrato didático para designar o conjunto de regras, expectativas e compromissos implícitos que regulam a relação entre professor, aluno e saber (Brousseau, 1996; Sousa, 2025). O contrato didático não é um acordo formal ou explícito, mas um sistema de obrigações recíprocas que se estabelece progressivamente ao longo da interação

didática. Ele define, para cada um dos atores, o que é esperado, o que é permitido e o que é interdito em termos de comportamentos, perguntas, respostas e formas de validação. O contrato didático é, ao mesmo tempo, uma condição necessária para que o ensino ocorra e um obstáculo potencial à aprendizagem, na medida em que pode induzir os alunos a adotarem estratégias baseadas em suposições sobre o que o professor espera, em detrimento de uma mobilização efetiva do conhecimento.

Outro pilar da TSD é a noção de dialética ou fases da situação, que descreve os momentos sucessivos pelos quais o aluno passa na construção de um conhecimento. Brousseau (1996) identifica quatro dialéticas fundamentais. A dialética da ação corresponde ao momento em que o aluno interage com o meio material ou simbólico, produzindo estratégias e tomando decisões sem ainda dispor de uma formulação explícita do conhecimento em jogo. A dialética da formulação ocorre quando o aluno é levado a explicitar, em linguagem natural ou simbólica, as estratégias que utilizou, comunicando suas descobertas e justificando suas escolhas. A dialética da validação é o momento em que o aluno submete suas formulações a um processo de prova ou demonstração, confrontando suas hipóteses com as de outros e com os critérios de verdade estabelecidos pelo campo matemático. A dialética da institucionalização, finalmente, corresponde ao momento em que o professor assume a responsabilidade de declarar oficialmente que determinado conhecimento é válido, atribuindo-lhe o status de saber institucionalizado e articulando-o com o corpo de conhecimentos já estabelecidos. Essas quatro dialéticas não se sucedem de maneira linear ou cronológica, mas se entrelaçam e se retroalimentam ao longo do processo didático.

A TSD tem sido extensivamente aplicada em pesquisas sobre ensino e aprendizagem da Matemática e tem se mostrado fecunda também para a formação de professores, ao oferecer um vocabulário analítico e um quadro conceitual que permitem ao professor em formação refletir sobre sua própria prática e sobre as interações que estabelece com os alunos (Santos & Alves, 2017). A teoria, no entanto, não está isenta de críticas. Alguns pesquisadores apontam para sua ênfase excessiva na dimensão cognitiva em detrimento de aspectos afetivos, sociais e culturais da aprendizagem; outros questionam sua aplicabilidade a contextos nos quais o contrato didático é profundamente afetado por desigualdades estruturais ou por tradições pedagógicas que não se alinham com seus pressupostos construtivistas. Não obstante, a TSD permanece como um referencial de primeira grandeza, cuja potência heurística e cujo rigor conceitual a

tornam especialmente adequada para a análise e o planejamento de situações de ensino (Pais, 2002).

2.2 Conhecimento Pedagógico do Conteúdo

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, ou PCK, emerge como um constructo teórico na obra de Lee Shulman, particularmente em seus trabalhos publicados na segunda metade da década de 1980, quando o autor se dedicava a investigar a base de conhecimentos necessária para o exercício da docência (Shulman, 1986, 1987). A proposição do PCK constituiu uma resposta crítica à dicotomia, então dominante nos Estados Unidos, entre o conhecimento do conteúdo específico e o conhecimento pedagógico geral. Shulman argumentava que essa separação era artificial e empiricamente infundada, na medida em que o trabalho do professor envolve, de maneira inextricável, a transformação do conteúdo que ele domina em representações, atividades e explicações que tornem esse conteúdo acessível e significativo para os alunos. O PCK seria, precisamente, o conhecimento que permite essa transformação, situando-se na interseção entre o conteúdo e a pedagogia, mas reduzindo-se a nenhum dos dois isoladamente.

Shulman (1986, 1987) distingue, em sua formulação original, sete categorias de conhecimento que compõem a base de conhecimento para o ensino: o conhecimento do conteúdo; o conhecimento pedagógico geral; o conhecimento do currículo; o conhecimento pedagógico do conteúdo; o conhecimento dos alunos e de suas características; o conhecimento dos contextos educacionais; e o conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação. Dentre essas categorias, o PCK ocupa uma posição de destaque, pois é nele que se manifesta a especificidade do saber docente. O PCK inclui, de acordo com Shulman (1987), o conhecimento das formas mais úteis de representar e formular o conteúdo para torná-lo compreensível aos outros, o conhecimento das analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações mais poderosas, e o conhecimento das concepções e preconcepções que os alunos trazem para a sala de aula, bem como das estratégias mais adequadas para superar dificuldades e obstáculos de aprendizagem.

Desde sua proposição original, o PCK tem sido objeto de inúmeros desdobramentos e reelaborações. Pesquisadores como Fernandez (2015) e Park e Oliver (2008) propuseram modelos que distinguem diferentes subdomínios do PCK, como o conhecimento das estratégias de ensino, o conhecimento das representações do conteúdo, o conhecimento das dificuldades dos alunos e o conhecimento da avaliação. Esses modelos têm sido utilizados para investigar o

desenvolvimento do PCK em professores em diferentes estágios da carreira, bem como para avaliar a eficácia de programas de formação inicial e continuada. No campo do ensino de Ciências e Matemática, o PCK tem se revelado um constructo particularmente fecundo, na medida em que permite analisar como os professores mobilizam seus conhecimentos para lidar com conteúdos que apresentam elevado grau de abstração, formalização ou complexidade conceitual.

No contexto brasileiro, pesquisas recentes têm se dedicado a mapear o desenvolvimento do PCK em futuros professores de Física e Matemática. Barnabé, Silva e Silva (2025), por exemplo, investigaram os elementos do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo expressos em materiais didáticos sobre eletricidade e magnetismo produzidos por licenciandos em Física. Seus resultados indicam que os subdomínios referentes ao processo de ensino de Física e às estratégias de ensino são amplamente consolidados pelos licenciandos e metodicamente expressos nos materiais produzidos, enquanto os subdomínios referentes às dificuldades enfrentadas pelos alunos e à avaliação tiveram menor representação. Esse achado sugere que a formação inicial ainda enfrenta desafios para desenvolver, de maneira equilibrada, todas as dimensões do conhecimento profissional do professor, e aponta para a necessidade de dispositivos formativos que promovam uma articulação mais sistemática entre o conhecimento do conteúdo, o conhecimento sobre os alunos e o conhecimento sobre o ensino.

9

O PCK, contudo, não é um constructo isento de críticas e controvérsias. Alguns autores questionam sua operacionalização, argumentando que a distinção entre o PCK e outras categorias de conhecimento docente nem sempre é nítida, e que o constructo corre o risco de se tornar um "guarda-chuva" conceitual que abriga fenômenos heterogêneos. Outros apontam para a dificuldade de se capturar o PCK em situações de pesquisa, dada sua natureza tácita e situada. Não obstante, o PCK permanece como um dos referenciais mais influentes para a compreensão do conhecimento profissional do professor, e sua articulação com outras tradições teóricas, como a TSD e a ED, constitui uma via promissora para enfrentar os desafios da formação docente.

2.3 Engenharia Didática

A Engenharia Didática, sistematizada por Michèle Artigue a partir do final da década de 1980, emerge como uma metodologia de pesquisa no âmbito da Didática da Matemática Francesa, estreitamente vinculada à TSD e à tradição epistemológica que lhe deu origem (Artigue, 1996). A ED se propõe a estabelecer uma articulação sistemática entre a produção de

conhecimento científico sobre os processos de ensino e aprendizagem e a concepção, implementação e análise de dispositivos didáticos concretos. Trata-se, nas palavras de Artigue (1996), de um "processo empírico que tem como objetivo conceber, realizar, observar e analisar" situações de ensino, com base em pressupostos teóricos explicitamente assumidos e em hipóteses que podem ser submetidas a teste.

A ED se estrutura em quatro fases interligadas, que conferem à metodologia seu caráter sistemático e seu rigor. A primeira fase, denominada análises prévias, consiste em um estudo aprofundado das condições epistemológicas, didáticas e cognitivas que envolvem o conteúdo a ser ensinado. As análises prévias incluem, tipicamente, uma análise epistemológica do conhecimento científico em questão, uma análise didática das práticas de ensino existentes e uma análise cognitiva das concepções e dificuldades dos alunos. A segunda fase, a concepção e análise a priori, corresponde ao planejamento detalhado da sequência didática, incluindo a definição dos objetivos, a escolha das situações-problema, a previsão dos comportamentos e resoluções esperados dos alunos, e a explicitação das hipóteses didáticas que orientam a intervenção. A terceira fase, a experimentação, consiste na aplicação da sequência planejada em uma turma real, sob condições controladas de observação e registro. A quarta e última fase, a análise a posteriori e validação, confronta os dados coletados durante a experimentação com as previsões feitas na análise a priori, permitindo validar ou refutar as hipóteses didáticas e produzir generalizações sobre os processos de ensino e aprendizagem.

10

A ED, em sua formulação original, foi concebida como uma metodologia de pesquisa, ou seja, como um instrumento para a produção de conhecimento científico sobre a didática da Matemática. No entanto, ao longo das últimas décadas, a ED tem sido progressivamente apropriada como um dispositivo de formação de professores, dando origem a uma vertente específica denominada Engenharia Didática de Formação (EDF) ou Engenharia Didática de segunda geração (Alves, 2017). A EDF se distingue da Engenharia Didática clássica por deslocar o foco da produção de dispositivos para a formação do professor, assumindo o docente em formação não como um mero aplicador de sequências concebidas por pesquisadores, mas como um ator ativo na concepção, implementação e análise de situações didáticas (Alves, 2017; Sousa et al., 2020). Nessa perspectiva, a EDF se configura como um ambiente privilegiado para o desenvolvimento do conhecimento profissional do professor, na medida em que o coloca diante de problemas autênticos de ensino e o desafia a mobilizar, integrar e explicitar seus conhecimentos.

A EDF tem sido objeto de crescentes investigações no Brasil, particularmente no âmbito da formação de professores de Matemática. Alves (2017) argumenta que a EDF, ao envolver o professor em formação em todas as fases da Engenharia Didática, promove uma reflexão aprofundada sobre a prática docente e sobre as relações entre teoria e prática. Sousa et al. (2020, 2025) têm explorado a articulação entre a EDF e a TSD em contextos de ensino de Geometria, evidenciando as potencialidades dessa articulação para a formação de professores. A EDF, contudo, não se restringe à Matemática; seus princípios e procedimentos têm sido transpostos para outras áreas do conhecimento, incluindo a Física, ainda que de maneira menos sistemática.

2.4 Articulações entre os referenciais

A TSD, o PCK e a ED compartilham premissas epistemológicas que tornam fecundo seu diálogo. As três tradições assumem uma perspectiva construtivista da aprendizagem, reconhecem a complexidade da situação didática e atribuem um papel central à análise das interações entre professor, aluno e saber. A articulação entre a TSD e a ED é a mais consolidada, pois compartilham uma origem comum na Didática da Matemática Francesa. Santos e Alves (2017) propõem uma articulação sistemática entre a ED, como metodologia de pesquisa, e a TSD, como metodologia de ensino, argumentando que a ED fornece o arcabouço metodológico para a concepção e análise de sequências didáticas, enquanto a TSD oferece os princípios para a definição das situações-problema.

11

A articulação entre o PCK e a TSD é menos explorada, mas não menos promissora. O PCK pode ser compreendido como o conhecimento que o professor mobiliza para conceber e conduzir as situações didáticas descritas pela TSD. Ao planejar uma situação didática, o professor precisa antecipar as possíveis estratégias dos alunos, mobilizando seu conhecimento sobre dificuldades e concepções prévias. Ao escolher as representações mais adequadas para a institucionalização, mobiliza seu conhecimento sobre as formas mais eficazes de representar o conteúdo. A TSD, por sua vez, oferece ao PCK um vocabulário analítico que permite descrever e explicar os fenômenos didáticos com maior precisão.

As articulações entre o PCK e a ED são igualmente fecundas. A ED, em sua vertente de EDF, pode ser entendida como um dispositivo que promove o desenvolvimento do PCK ao colocar o professor em formação diante de problemas autênticos de ensino. Cada fase da ED corresponde a um momento de mobilização de diferentes subdomínios do PCK. As análises prévias exigem conhecimento do conteúdo e conhecimento dos alunos. A concepção e análise a priori exigem conhecimento das estratégias de ensino e das representações do conteúdo. A

experimentação exige conhecimento da gestão da sala de aula e da avaliação. A análise a posteriori exige conhecimento da reflexão sobre a prática e da investigação didática.

3 O MODELO INTEGRADOR TSD-PCK-ED: PROPOSIÇÃO, POTENCIAIS E LIMITES

A análise das articulações entre pares de referenciais revela que cada um dos três construtos, tomado isoladamente, oferece uma contribuição valiosa, mas parcial, para a compreensão e o aprimoramento da formação de professores. A TSD oferece princípios epistemológicos e didáticos para a concepção de situações de aprendizagem, mas não se ocupa diretamente do conhecimento profissional do professor. O PCK descreve o conhecimento que o professor mobiliza e desenvolve, mas não oferece um procedimento sistemático para sua explicitação e desenvolvimento. A ED, em sua vertente formativa, oferece um dispositivo para a integração entre teoria e prática, mas carece de um quadro conceitual que descreva com precisão o conhecimento que está sendo desenvolvido. É precisamente essa complementaridade que justifica e fundamenta a proposição de um modelo tríplice que integre os três referenciais em uma síntese original.

3.1 Proposição do modelo integrador

12

O modelo que aqui se propõe parte do pressuposto de que a formação inicial de professores de Física e Matemática pode ser significativamente enriquecida pela adoção de um dispositivo formativo estruturado a partir da Engenharia Didática de Formação, tendo a Teoria das Situações Didáticas como referência para a concepção das situações de ensino e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo como referência para a análise e o desenvolvimento do conhecimento profissional do professor em formação. Nesse modelo, a EDF atua como o dispositivo metodológico que organiza e orienta o processo formativo; a TSD atua como o referencial epistemológico e didático que fundamenta a concepção das situações-problema e a análise das interações em sala de aula; e o PCK atua como o referencial para a compreensão e a avaliação do conhecimento profissional que está sendo mobilizado e desenvolvido pelo professor em formação.

A Figura 1, apresenta uma representação visual desse modelo, evidenciando as relações entre os três construtos e sua articulação no processo formativo. O diagrama organiza-se em torno de três eixos interligados. O eixo vertical representa o processo formativo, estruturado

pelos quatro fases da Engenharia Didática de Formação (análises prévias, concepção e análise a priori, experimentação, análise a posteriori). O eixo horizontal representa as dimensões do conhecimento profissional, tal como descritas pelo PCK (conhecimento do conteúdo, conhecimento dos alunos, conhecimento das estratégias de ensino, conhecimento das representações, conhecimento da avaliação). O eixo diagonal representa os princípios didáticos derivados da TSD (contrato didático, dialéticas, tipos de situação), que perpassam e informam tanto o processo formativo quanto as dimensões do conhecimento profissional. A interseção desses três eixos define o espaço no qual se dá o desenvolvimento profissional do professor em formação, caracterizado pela mobilização integrada e reflexiva dos diferentes saberes docentes.

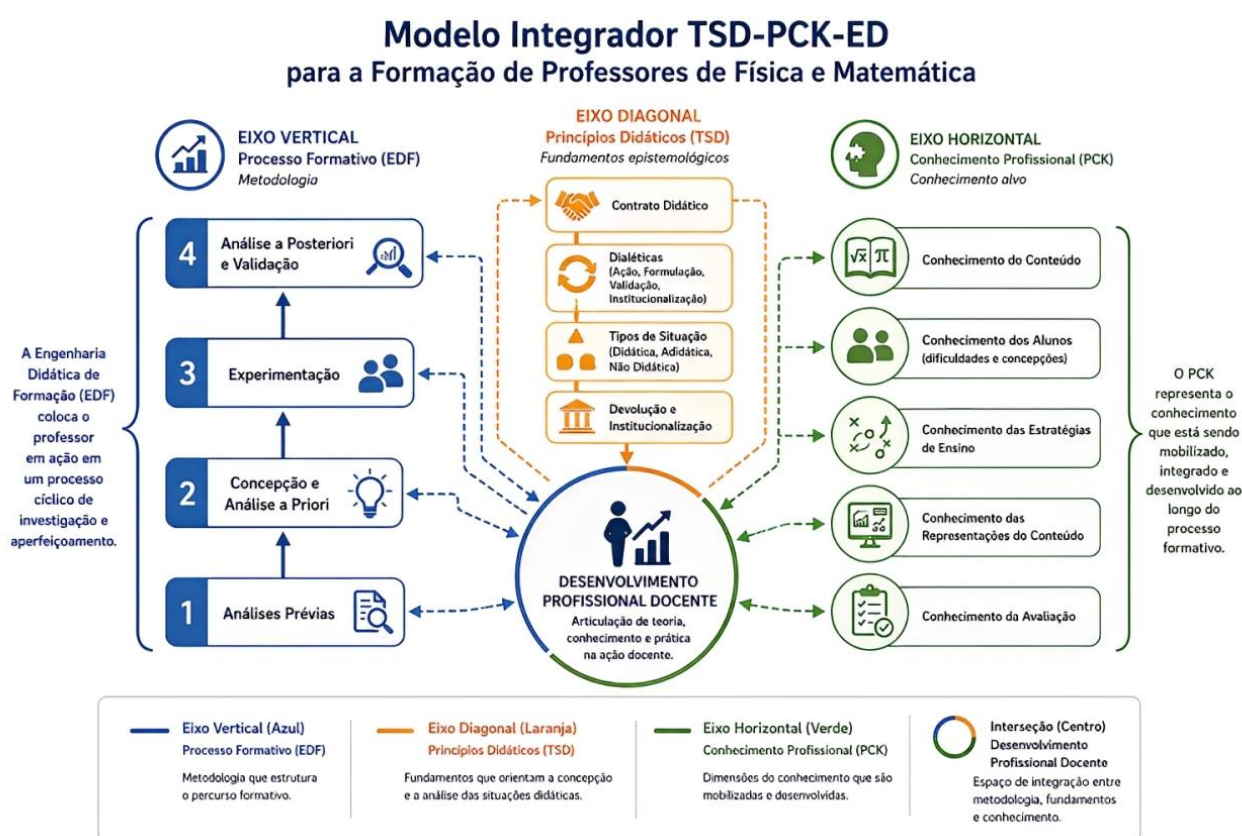


Figura 1 – Modelo Integrador TSD-PCK-ED para a Formação de Professores de Física e Matemática. O diagrama representa a articulação entre três referenciais teóricos. O eixo vertical (azul) apresenta as quatro fases da Engenharia Didática de Formação (Análises Prévias, Concepção e Análise a Priori, Experimentação, Análise a Posteriori), que estruturam o processo formativo em uma sequência lógica de ação e reflexão. O eixo horizontal (verde) apresenta as cinco dimensões do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (Conhecimento do Conteúdo, dos Alunos, das Estratégias de Ensino, das Representações do Conteúdo, da Avaliação), que constituem o conhecimento profissional alvo do desenvolvimento docente. O eixo diagonal (laranja) apresenta os princípios da Teoria das Situações Didáticas (Contrato Didático, Dialéticas, Tipos de Situação, Devolução e Institucionalização), que fundamentam epistemológica e didaticamente a concepção das situações de ensino. A interseção central dos três eixos define o espaço do Desenvolvimento Profissional Docente, no qual se dá a mobilização integrada e reflexiva dos saberes. Fonte: Elaborado pelo autor.

[Imagem: Diagrama conceitual com três eixos interligados – vertical (azul) com as quatro fases da EDF, horizontal (verde) com as cinco dimensões do PCK, diagonal (laranja)

com os princípios da TSD, e interseção central destacada como Desenvolvimento Profissional Docente.]

A operacionalização do modelo em contextos concretos de formação inicial exige a consideração de algumas condições fundamentais. Em primeiro lugar, é necessário que o formador possua domínio dos três referenciais e seja capaz de articulá-los de maneira coerente ao longo do processo. Em segundo lugar, é necessário que o professor em formação seja colocado em uma posição ativa de protagonista, e não de mero aplicador de sequências concebidas por outros. Em terceiro lugar, é necessário que o processo formativo seja estruturado de maneira a promover a reflexão sistemática sobre a prática, em um movimento que articule ação, análise e teorização.

3.2 Potenciais do modelo integrador

O modelo tríplice TSD-PCK-ED apresenta, em tese, um conjunto significativo de potenciais para a formação inicial de professores de Física e Matemática. O primeiro potencial é a articulação sistemática entre teoria e prática. Ao invés de tratar o conhecimento teórico e o conhecimento prático como domínios separados, o modelo os integra em um dispositivo formativo no qual a teoria ilumina a prática e a prática fecunda a teoria. A EDF, ao colocar o professor em formação diante de problemas autênticos de ensino, cria um espaço no qual os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de conteúdo e nas disciplinas pedagógicas podem ser mobilizados, integrados e testados em situações concretas. Essa integração responde diretamente à crítica de que a formação de professores frequentemente se caracteriza por uma "racionalidade técnica" na qual a teoria é supostamente aplicada à prática de maneira linear e não problematizada.

O segundo potencial é o desenvolvimento integrado do PCK. O modelo exige que o professor em formação mobilize, de maneira simultânea e articulada, os diferentes subdomínios do conhecimento profissional. A pesquisa de Barnabé, Silva e Silva (2025) evidenciou que, na formação inicial de professores de Física, subdomínios como aqueles referentes às dificuldades dos alunos e à avaliação permanecem menos consolidados. O modelo proposto, ao estruturar o processo formativo em torno das fases da ED, cria oportunidades para que esses subdomínios sejam explicitamente trabalhados e desenvolvidos, superando a ênfase desequilibrada que frequentemente caracteriza a formação inicial.

O terceiro potencial é o oferecimento de um quadro conceitual robusto para a análise e a reflexão sobre a prática. A TSD fornece um vocabulário preciso para descrever e interpretar as interações em sala de aula, enquanto o PCK oferece critérios para avaliar a qualidade do conhecimento mobilizado pelo professor. A combinação desses dois referenciais permite que o professor em formação desenvolva uma compreensão mais profunda e mais sofisticada de sua própria prática, superando a mera intuição ou o senso comum. Essa reflexão fundamentada teoricamente é essencial para o desenvolvimento de uma prática docente consciente e autônoma.

O quarto potencial é a aplicabilidade do modelo tanto à formação de professores de Matemática quanto à de Física. Na Matemática, a TSD e a ED têm uma longa tradição de aplicação, o que facilita sua incorporação em dispositivos formativos. Na Física, embora a tradição seja menos consolidada, os princípios da TSD e da ED podem ser transpostos sem grandes dificuldades, desde que adaptados às especificidades do conhecimento físico, como seu caráter experimental e sua dependência de modelos e representações múltiplas. Essa flexibilidade confere ao modelo um caráter de generalidade que amplia seu impacto potencial.

3.3 Limites e desafios do modelo integrador

15

O modelo tríplice, contudo, não está isento de limites e desafios, que precisam ser explicitados e enfrentados. O primeiro limite é a exigência de um elevado grau de domínio teórico por parte do formador, que precisa ser capaz de articular, de maneira coerente e flexível, três referenciais complexos e, em alguns aspectos, heterogêneos. Nem todos os formadores de professores possuem essa formação, o que pode limitar a aplicabilidade do modelo em contextos nos quais a formação dos próprios formadores é precária. A superação desse desafio exige investimentos na formação continuada de formadores, bem como a criação de comunidades de prática e grupos de pesquisa que promovam o estudo e a aplicação do modelo.

O segundo limite é a demanda por tempo e condições institucionais que nem sempre estão disponíveis nos currículos de licenciatura. A implementação de uma EDF, com suas quatro fases e com a exigência de análises aprofundadas e reflexão sistemática, requer um investimento significativo de tempo, tanto por parte do formador quanto por parte do professor em formação. Em muitos cursos de licenciatura, a carga horária destinada às disciplinas de prática de ensino e de estágio supervisionado é insuficiente para acomodar um dispositivo dessa natureza. A integração da EDF com outras disciplinas do curso, criando um dispositivo

interdisciplinar que distribua as atividades ao longo do semestre, constitui uma via possível para contornar essa limitação.

O terceiro limite é a possível resistência por parte dos próprios professores em formação, especialmente daqueles que estão acostumados a modelos mais tradicionais de formação, nos quais o conhecimento é transmitido de maneira passiva e a prática é vista como mera aplicação. A EDF, ao colocar o professor em formação na posição de protagonista e ao exigir que ele assuma riscos e incertezas, pode gerar ansiedade e desconforto, o que requer um trabalho cuidadoso de mediação por parte do formador. A criação de um ambiente formativo seguro e o estabelecimento de uma relação de confiança entre formador e formandos são condições essenciais para o sucesso do modelo.

O quarto limite é a carência de validação empírica do modelo em sua integralidade. Embora existam estudos que explorem articulações entre pares de referenciais, a tríplice articulação aqui proposta ainda não foi submetida a testes sistemáticos que permitam avaliar sua eficácia e seus efeitos sobre o desenvolvimento profissional dos professores. Pesquisas futuras, de natureza qualitativa e longitudinal, são necessárias para preencher essa lacuna e para refinar o modelo com base em evidências empíricas.

4 IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA E MATEMÁTICA

16

A proposição de um modelo integrador exige uma análise de suas implicações concretas para a formação inicial de professores de Física e Matemática. Tal análise não pode prescindir do reconhecimento de que a Matemática e a Física apresentam especificidades epistemológicas que impõem desafios distintos à operacionalização do modelo.

4.1 Especificidades epistemológicas da Matemática e da Física

A Matemática é, em sua essência, uma ciência dedutiva, cujo objeto de estudo são estruturas abstratas, relações lógicas e padrões formais. O conhecimento matemático é validado por meio de provas e demonstrações. Essa natureza dedutiva e abstrata impõe desafios específicos ao ensino: os alunos frequentemente têm dificuldade em atribuir significado a conceitos que não se ancoram em experiências sensoriais imediatas, e a passagem do conhecimento intuitivo para o conhecimento formal exige um trabalho didático cuidadoso de mediação entre diferentes registros de representação (Duval, 2003). A TSD, desenvolvida no âmbito da Didática da Matemática, é particularmente sensível a essas especificidades, ao

conceber situações que colocam o aluno diante de problemas cuja resolução exige a produção e a validação de conhecimentos matemáticos.

A Física, por seu turno, é uma ciência empírica, cujo objeto de estudo são os fenômenos naturais e suas leis, compreendidas por meio de modelos, experimentos e teorias. O conhecimento físico é validado por meio da confrontação entre previsões teóricas e resultados experimentais. Essa natureza empírica e modelizadora impõe desafios didáticos distintos: os alunos chegam à sala de aula com concepções alternativas enraizadas em sua experiência cotidiana; a compreensão dos modelos físicos exige o domínio de múltiplas representações; e a articulação entre teoria e experimento constitui um aspecto central do trabalho científico (Villani & Pacca, 1997).

Essas especificidades não invalidam a aplicação do modelo a ambas as áreas, mas impõem adaptações. A TSD pode ser transposta para o ensino de Física desde que as situações incorporem a dimensão experimental e a modelagem como elementos centrais. O PCK é um construto genérico que tem sido investigado em ambas as áreas, embora os subdomínios relevantes possam ser parcialmente distintos. A ED, finalmente, é suficientemente flexível para acomodar as especificidades de cada área.

4.2 Aplicação à formação de professores de Matemática

No campo da formação de professores de Matemática, o modelo tríplice encontra um terreno particularmente fértil, dada a longa tradição de aplicação da TSD e da ED. A literatura brasileira oferece numerosos exemplos de pesquisas que articulam a TSD e a ED para a concepção de sequências didáticas em diferentes tópicos da Matemática escolar (Santos & Alves, 2017; Sousa et al., 2025). O modelo proposto acrescenta a incorporação explícita do PCK como referencial para a análise e o desenvolvimento do conhecimento profissional.

Em um dispositivo formativo estruturado a partir do modelo, o licenciando em Matemática seria convidado a conceber, implementar e analisar uma sequência didática para um tópico específico, como funções, geometria ou probabilidade. As análises prévias envolveriam não apenas o exame do conteúdo matemático em sua gênese epistemológica, mas também o levantamento das dificuldades e concepções alternativas dos alunos, mobilizando o subdomínio do PCK referente ao conhecimento dos alunos. A concepção e análise a priori exigiriam a escolha das situações-problema à luz da TSD, bem como a seleção de representações, analogias e exemplos que melhor favorecessem a compreensão. A experimentação colocaria o

licenciando em contato com a realidade da sala de aula, desafiando-o a gerir o contrato didático. A análise a posteriori, finalmente, promoveria a reflexão sobre o que foi previsto e o que efetivamente ocorreu, permitindo a identificação de lacunas no PCK.

Uma contribuição significativa do modelo para a formação de professores de Matemática reside em sua capacidade de articular o conhecimento matemático abstrato com suas manifestações em situações de ensino concretas. A pesquisa tem mostrado que muitos licenciandos, embora dominem o conteúdo matemático formal, têm dificuldade em transformá-lo em conhecimento ensinável (Ponte, 1999). O modelo, ao colocar o licenciando na posição de engenheiro didático, contribui para superar essa dificuldade.

4.3 Aplicação à formação de professores de Física

Embora a TSD e a ED não tenham sido originalmente concebidas para o ensino de Física, sua transposição tem se mostrado viável e produtiva (Villani & Pacca, 1997; Lima & Oliveira, 2022). O modelo tríplice, aplicado à formação de professores de Física, exige adaptações que incorporem a dimensão experimental e a modelagem.

Em um dispositivo formativo para licenciandos em Física, as situações-problema concebidas à luz da TSD deveriam incorporar, sempre que possível, a dimensão experimental. Por exemplo, uma sequência didática sobre o movimento de projéteis poderia envolver uma situação na qual os alunos são desafiados a prever o alcance de um lançamento a partir de dados experimentais. O licenciando, ao conceber tal situação, precisaria mobilizar não apenas seu conhecimento da Física, mas também seu conhecimento sobre as concepções alternativas dos alunos e sobre as representações mais adequadas.

A articulação com o PCK é particularmente relevante para a Física, pois a pesquisa tem mostrado que os licenciandos frequentemente apresentam fragilidades em subdomínios como o conhecimento das dificuldades dos alunos e o conhecimento de estratégias de avaliação (Barnabé et al., 2025; Silva & Schnetzler, 2014). O modelo, ao estruturar o processo formativo em torno das fases da ED, cria oportunidades para que esses subdomínios sejam explicitamente trabalhados. A análise a priori exige que o licenciando antecipe as possíveis respostas e dificuldades dos alunos. A análise a posteriori, ao confrontar o previsto com o observado, permite que ele identifique lacunas em sua compreensão.

Outro aspecto relevante para a Física é a integração entre o ensino teórico e experimental, frequentemente um desafio na formação inicial. O modelo, ao conceber situações

nas quais a experimentação é parte integrante do problema, favorece uma articulação mais orgânica entre esses aspectos.

4.4 Desafios comuns e particularidades

A aplicação do modelo enfrenta desafios comuns, como a carga horária, a formação dos formadores e a necessidade de adaptação à realidade institucional. A implementação de uma EDF demanda investimento de tempo que nem sempre está disponível. A integração da EDF com outras disciplinas do curso constitui uma solução possível. A formação dos formadores é outro desafio, pois o modelo exige domínio teórico dos três referenciais, o que muitas vezes não é contemplado na formação inicial de professores. A criação de comunidades de prática e grupos de pesquisa pode contribuir para superar essa limitação.

Na Matemática, o principal desafio é evitar que as situações concebidas se tornem artificialmente desconectadas do contexto escolar real. Na Física, o desafio adicional é integrar a dimensão experimental de maneira não trivial, evitando que se reduza a uma mera verificação de leis previamente enunciadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

19

A trajetória percorrida ao longo deste artigo teve como propósito central examinar os potenciais e os limites de um modelo formativo ancorado na tríplice articulação entre a Teoria das Situações Didáticas, o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e a Engenharia Didática para a superação da fragmentação entre saberes disciplinares e pedagógicos na formação inicial de professores de Física e Matemática. A análise desenvolvida permite afirmar que o modelo proposto apresenta um conjunto significativo de potenciais, ainda que não isento de limites e desafios.

Entre os potenciais, destacam-se a articulação sistemática entre teoria e prática, o desenvolvimento integrado do PCK, a oferta de um quadro conceitual robusto para a reflexão sobre a prática e a flexibilidade para aplicação em ambas as áreas. Entre os limites, destacam-se a exigência de domínio teórico do formador, a necessidade de condições institucionais adequadas, a possível resistência dos licenciandos e a carência de validação empírica.

O modelo contribui teoricamente para a superação do reducionismo que isola o conhecimento do conteúdo do conhecimento didático, e metodologicamente ao oferecer um dispositivo formativo estruturado que pode ser operacionalizado em diversos contextos. A

validação empírica do modelo constitui a principal direção para pesquisas futuras. Investigação de natureza qualitativa e longitudinal, acompanhando grupos de licenciandos ao longo de programas formativos estruturados a partir da tríplice articulação, é necessária para avaliar os efeitos sobre o desenvolvimento do PCK e sobre a capacidade de conceber e implementar situações didáticas fundamentadas na TSD.

A formação inicial de professores de Física e Matemática no Brasil ainda enfrenta o desafio persistente da fragmentação entre saberes disciplinares e pedagógicos. Este artigo, ao propor um modelo integrador, oferece uma contribuição para a reflexão sobre esse desafio, sugerindo uma via possível para sua superação. A via proposta não é simples, nem rápida, nem isenta de obstáculos, mas oferece a possibilidade de uma formação mais coerente, integrada e sensível à complexidade da ação docente. O modelo tríplice, com todos os seus limites e desafios, representa uma direção promissora para a pesquisa e a prática em formação de professores.

REFERÊNCIAS

- ALVES FRV. Engenharia Didática de Formação (EDF): Repercussões para a formação do professor de matemática no Brasil. *Educação Matemática em Revista*, 2017; 22(1): 1-15.
- ARTIGUE M. Engenharia Didática. In: BRUN J, organizador. *Didática da Matemática*. Lisboa: Instituto Piaget; 1996. p. 193-220.
- TAVARES BARBOSA EJ, SÉRGIO BARBOSA P. Um estudo sobre os efeitos do contrato didático na aula de matemática em uma turma de 8º ano. *Educação Matemática em Revista - RS*, 2024; 1(25): 45-53.
- BARNABÉ TL, et al. Conhecimentos pedagógicos de conteúdo para o ensino de física expressos em materiais didáticos produzidos por licenciandos sobre eletricidade e magnetismo. *REASE - Revista de Ensino, Avaliação e Saúde na Educação*, 2025; 23(1): 1-18.
- BROUSSEAU G. Teoria das Situações Didáticas. In: BRUN J, organizador. *Didática da Matemática*. Lisboa: Instituto Piaget; 1996. p. 45-80.
- CAMILO AMS. Uma proposta de situação didática pautada pelos constructos da teoria dos campos conceituais e do conhecimento pedagógico do conteúdo. *TEYET*, 2022; 17(3): 80-100.
- DUVAL R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo. In: MACHADO SDA, organizador. *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC; 2003. p. 50-80.
- FERNANDEZ C. Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de Ciências. *Revista Ensaio*, 2015; 17(2): 500-528.

- GAUTHIER C, et al. Por uma teoria da pedagogia. Ijuí: Unijuí; 1998. 300p.
- KUHN TS. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva; 1962. 260p.
- LIMA MECC, OLIVEIRA CMA. A Engenharia Didática no Ensino de Física: uma revisão sistemática. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2022; 44(2): e20220015.
- MOREIRA MA. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU; 1999. 220p.
- NACARATO AM. A educação matemática e a formação do professor. Anais do ENEM, 2005; 1: 1-15.
- PAIS LC. Didática da Matemática: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica; 2002. 240p.
- PARK S, OLIVER JS. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education, 2008; 38: 261-284.
- PONTE JP. Formação de professores de Matemática. In: BICUDO MAV, organizador. Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas. São Paulo: UNESP; 1999. p. 110-130.
- QUIDIGNO RAF, et al. Um panorama do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) nas Ciências da Natureza e Matemática. Investigações em Ensino de Ciências, 2024; 29(2): 200-225.
- SANTOS AA, ALVES FRV. A Engenharia Didática em Articulação com a Teoria das Situações Didáticas como Percurso Metodológico ao Estudo e Ensino de Matemática. Acta Scientiae, 2017; 19(3): 400-420.
- SHULMAN LS. Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 1986; 15(2): 4-14.
- SHULMAN LS. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 1987; 57(1): 1-22.
- SILVA LF, SCHNETZLER RP. Conhecimento pedagógico do conteúdo de professores de Física: uma revisão da literatura. Investigações em Ensino de Ciências, 2014; 19(2): 301-324.
- SOARES ILM. Situação didática: para evidenciar o potencial do conhecimento pedagógico do conteúdo na formação docente. Anais do CONEDU, 2020.
- SOUSA LM. Contrato Didático: um estudo da aula de uma professora. Educação Online, 2025; 20(1): 1-20.
- SOUSA RC, et al. Engenharia didática de formação (EDF): uma proposta de produção de recursos didáticos e formação de professores. TEYET, 2020; 15(2): 50-70.
- SOUSA RC, et al. Engenharia Didática de Formação e Teoria das Situações Didáticas: uma prática no ensino de Geometria Espacial com o software GeoGebra. REIEC, 2025; 20(1): 1-25.

TARDIF M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes; 2002. 250p.

TEIXEIRA PJM. Um pouco da teoria das situações didáticas (TSD) de Guy Brousseau. Periodicos SBU, 2024; 15(2): 10-25.

VILLANI A, PACCA JLA. Construtivismo, conhecimento científico e o ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, 1997; 19(3): 350-362.