

Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo: uma revisão sistemática da literatura na formação de professores no Ensino de Ciências

Technological Pedagogical Content Knowledge: A Systematic Literature Review on Teacher Education in Science Education

Jan Torres Lima ^{a,b}, Dioni Paulo Pastorio ^c, Alexander Montero Cunha ^c

^a Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGenFís), Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil; ^b Instituto Federal Farroupilha (IFFAR-SB), São Borja, Brasil; ^c Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil.

Resumo. A presença das tecnologias nas práticas pedagógicas almeja, em certa medida, potencializar a aprendizagem. Entretanto, as ideologias e os valores que as subjazem exigem reflexão sobre as suas formas de uso. Procurando compreender como o referencial Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo (TPACK) tem sido mobilizado na formação de professores no Ensino de Ciências, realizamos uma revisão sistemática da literatura, tomando como lentes os modelos de formação docente e a filosofia da tecnologia. O corpus final reuniu 17 artigos. Os resultados mostram predominância de propostas que ampliam a ação docente, estimulando experimentação e reflexão sobre a integração tecnológica, com baixa explicitação da constituição do TPACK e concentração no contexto micro. Observamos também limitada problematização de dimensões epistemológicas da ciência e de perspectivas críticas de tecnologia, prevalecendo abordagens instrumentais. Concluímos que articular TPACK, modelos formativos e filosofia da tecnologia pode sustentar propostas mais processuais e críticas, superar a neutralidade tecnológica e fortalecer o professor como agente crítico docente.

Palavras-chave:

TPACK; conhecimento docente; integração tecnológica; filosofia da tecnologia; modelos de formação docente.

Submetido em

08/07/2025

Aceito em

22/06/2026

Publicado em

24/06/2026

Abstract. The presence of technologies in pedagogical practices aims, to some extent, to enhance learning. However, the ideologies and values underlying them require reflection on their modes of use. In order to understand how the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework has been mobilized in teacher education within Science Education, we conducted a systematic literature review, adopting Models of Teacher Education and the Philosophy of Technology as analytical lenses. The final corpus comprised 17 articles. The results show a predominance of proposals that expand teachers' action, encouraging experimentation and reflection on technological integration, yet with limited explicit discussion of the constitution of TPACK and a strong focus on the micro-level context. We also observed limited problematization of the epistemological dimensions of science and of critical perspectives on technology, with instrumental approaches prevailing. We conclude that articulating TPACK, teacher education models, and the philosophy of technology may support more process-oriented and critical proposals, overcome technological neutrality, and strengthen teachers as critical professional agents.

Keywords:

TPACK; teacher knowledge; technology integration; philosophy of technology; teacher education models.

Introdução

Na atualidade, é senso comum que as tecnologias tornaram-se indissociáveis da nossa existência, transformando a forma como nos relacionamos e comunicamos com o mundo. No entanto, a busca pela eficiência nesses processos, frequentemente, desconsidera os

problemas decorrentes desse modo de uso, orientado à satisfação de necessidades imediatas e à lógica do progresso (Feenberg, 2018).

No contexto educacional, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TDIC), especialmente, o computador, têm modificado a forma como nos relacionamos com o conhecimento, tornando-se relevantes instrumentos de mediação na aquisição e na troca de significados (Moreira, 2013). Contudo, apesar de propiciarem muitas interações, elas não são neutras, uma vez que incorporam valores e interesses. Desse modo, torna-se necessária uma revisão e reflexão constantes sobre o seu uso nas práticas pedagógicas, de modo a possibilitar abordagens voltadas à formação humana e à emancipação. A relação humano-tecnologias deve evitar o reducionismo tecnológico, direcionado exclusivamente à qualificação técnica e metodológica (Habowski & Conte, 2020).

Contemporaneamente, existem diversos modelos de formação docente voltados à integração tecnológica (Gámez, 2014). Nessa diversidade, destacamos o referencial Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo (*Technological Pedagogical Content Knowledge - TPACK*), cujo objetivo é descrever a cognição docente necessária para a integração de tecnologias ao ensino, focando também na sua implementação (Mishra & Koehler, 2006).

Diante disso, conduzimos esta Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de compreender de que modo a formação de professores no Ensino de Ciências (EC), mediante o referencial TPACK, tem reforçado ou problematizado a neutralidade tecnológica no processo de integração tecnológica. Essa RSL abrangeu o período de 2013 a 2023, permitindo mapear tendências e ênfases do debate recente sobre o tema. A busca e a seleção dos estudos foram realizadas a partir da seleção de periódicos com base no Qualis-Periódicos/CAPES (2017-2020), seguidas de rastreamento sistemático no escopo definido para a revisão. O *corpus* final foi composto por 17 artigos, os quais fundamentam as análises apresentadas neste trabalho.

Como lentes teóricas, adotamos os seguintes referenciais: (i) os modelos de formação docente (Contreras, 2002; Schön, 2000; Stenhouse, 2003), com o intuito de compreender as percepções e os movimentos realizados nas respectivas bases de conhecimento para integrar tecnologias e (ii) a filosofia da tecnologia (Feenberg, 2018), buscando compreender quais as visões tecnológicas que subjazem as obras analisadas.

Na seção de referencial teórico, são apresentados, de forma sintética, os referenciais TPACK, Filosofia da tecnologia e modelos de formação docente, os quais fundamentam a análise. Na seção de revisões anteriores, são identificadas as principais contribuições da literatura ao referencial TPACK e explicitado de que modo a presente revisão busca avançar o debate. Na seção de análise, são identificados e interpretados, à luz dos referenciais adotados, padrões, tendências, convergências, divergências e lacunas na literatura. Por fim, na seção de discussão, os resultados são interpretados de forma integrada, destacando-se as suas implicações e relevância para o referencial TPACK.

Referencial Teórico

A presente seção tem como objetivo apresentar os referenciais adotados para a compreensão do objeto desta revisão da literatura, procurando estabelecer um quadro interpretativo claro e coerente que guiou a nossa análise

Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo

O referencial TPACK tem origem no Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) de Shulman (1986). Mishra e Koehler (2006), os quais identificaram que o conhecimento tecnológico era visto separadamente dos conhecimentos pedagógico e de conteúdo. E embora Shulman (1986) não tenha abordado explicitamente a tecnologia, esta não foi desconsiderada (Angeli & Valanides, 2009). A variedade de tecnologias nas salas de aula, como livros didáticos e projetores, não era percebida ou reconhecida, sendo tratada como “transparente” (Mishra & Koehler, 2006). Contudo, as TDIC mudaram a dinâmica da sala de aula, oferecendo novas representações e explicações, tornando os conteúdos mais acessíveis. A rápida evolução dessas tecnologias exige que os professores desenvolvam conhecimentos, técnicas e habilidades antes que elas tornem-se obsoletas (Angeli & Valanides, 2009).

Assim, Mishra e Koehler (2006) expandiram o PCK com o TPACK, um conhecimento situado que integra conteúdo, pedagogia, tecnologia e respectivas interações entre as bases. O conhecimento de conteúdo (CK) refere-se ao domínio do assunto que deve ser ensinado, incluindo fatos, conceitos e teorias. O conhecimento pedagógico (PK) envolve métodos de ensino, técnicas e estratégias de avaliação. O conhecimento tecnológico (TK) abrange o uso de tecnologias, desde ferramentas básicas até avançadas. O conhecimento pedagógico tecnológico (TPK) trata como a tecnologia pode influenciar o ensino e a aprendizagem. O conhecimento de conteúdo tecnológico (TCK) explora como a tecnologia altera a representação do conteúdo. Por fim, o conhecimento pedagógico tecnológico de conteúdo (TPACK) é o conhecimento especializado que permite aos professores ensinarem com tecnologia, entendendo a representação de conceitos e como a tecnologia pode melhorar o aprendizado, considerando o conhecimento prévio dos alunos e as teorias epistemológicas (Mishra & Koehler, 2006). Essas inter-relações são sintetizadas na Figura 1, que ilustra a estrutura conceitual do referencial TPACK e a articulação entre seus componentes.

Ao longo das últimas duas décadas, o referencial TPACK evoluiu apresentando distintas configurações por meio de diferentes bases de conhecimentos e respectivas combinações.

Cox e Graham (2009) argumentam que o diferencial entre os construtos PK do TPK, CK do TCK e PCK do TPACK é o modo como a tecnologia é caracterizada. De acordo com o contexto, elas podem ser consideradas transparentes (a exemplo da onipresença do livro que impede de enxergarmos como uma tecnologia) ou emergentes (como lousas interativas, visto que possibilitam maior interação do professor com o conteúdo). Para eles, na medida em que as tecnologias tornam-se transparentes, o TPK se deslocará para PK, TCK para CK e, finalmente, a estrutura TPACK se transformará em PCK (Cox & Graham, 2009).

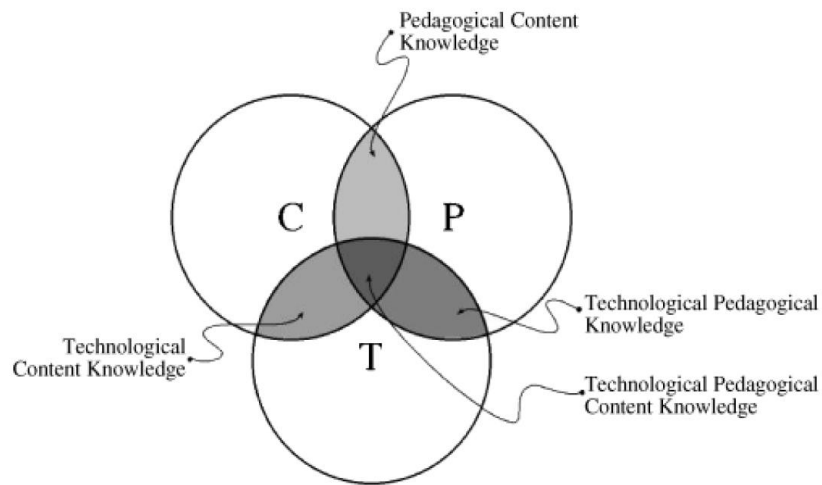


Figura 1. Representação gráfica do TPACK.

Jimoyiannis (2010) propôs um referencial voltado para a formação de professores de Ciências denominado Conhecimento Tecnológico Pedagógico da Ciência (*Technological Pedagogical Science Knowledge - TPASK*). Nele, o conhecimento de conteúdo (CK) representa o conhecimento da ciência (SK), sendo caracterizado pela organização do conhecimento científico (fatos, teorias e práticas), História e Filosofia da Ciência, Natureza da Ciência, Relações CTS, transposição didática, representações do conhecimento científico (pictórico, gráfico, vetorial, matemático). A compreensão e a negociação das relações entre esse referencial e as bases de conhecimento pedagógico (PK) e tecnológico (TK) formam o TPASK (Jimoyiannis, 2010).

De acordo com Graham (2011), a relação entre as bases no referencial TPACK pode ou não ser causal, articulando-se nas perspectivas integrativa ou transformativa. Na perspectiva integrativa, temos a combinação das bases de conhecimento, como uma mistura sem a formação do TPACK. Logo, ensinar significa integrar o conhecimento nesses três domínios. Por outro lado, na perspectiva transformativa, ensinar consiste no amálgama das bases - como um composto - resultando num TPACK, um conhecimento que não pode ser explicado pela simples combinação delas (Gess-Newsome, 1999; Graham, 2011).

Inicialmente, Mishra e Koehler (2006) não enfocaram diretamente a questão de contexto, posteriormente, o tema passou a ser discutido em diversos trabalhos (Angeli & Valanides, 2009; Jimoyiannis, 2011; Koehler & Mishra, 2005; Mishra & Koehler, 2006). No entanto, a multiplicidade de significados resultou em certa ambiguidade. Para trabalhar com essa questão, Porras-Hernández e Salinas-Amescua (2013) classificaram o contexto em duas dimensões: a dimensão âmbito considera como as práticas e os objetos de conhecimentos são influenciados em três níveis: macro, composto pelas condições sociais, políticas, tecnológicas e econômicas nacionais e globais; meso, composto pelas condições sociais, culturais, políticas, econômicas e organizacionais definidas pelas comunidades local e instituição educacional; micro, composto pelas condições de aprendizagem em sala de aula, recursos, normas, políticas, expectativas, crenças, preferências e objetivos dos alunos e professores. Já

a dimensão atores observa como as interações e o processo de aprendizagem são influenciados pelas características únicas de estudantes, no contexto interno (envolvendo as concepções alternativas, atitudes e interesses) e contexto externo (envolvendo as condições ambientais), e professores, abrangendo tanto a postura pessoal, as suas crenças, os motivos e a razão de ser na integração de tecnologias (Porrás-Hernández & Salinas-Amescua, 2013).

Para Koh et al. (2014), a relação entre o contexto e o TPACK dos professores é complexa, necessitando uma análise mais clara das diferentes dimensões contextuais que influenciam o TPACK dos professores, auxiliando-os a planejar melhor o processo de integração das TDIC. A partir da análise de estudos sobre o TPACK, os autores identificaram quatro dimensões que descrevem o contexto que envolve os professores: (i) cultural/institucional, compostas pelas influências institucionais da sociedade e da cultura, políticas educacionais, gestão escolar, políticas escolares e currículo na prática docente; (ii) física/tecnológica, relacionadas à disponibilidade e eficácia de recursos para apoiar a integração das TDIC pelos professores; (iii) intrapessoal, diversas crenças que os professores possuem e como estas influenciam a sua integração das TDIC e (iv) interpessoal, relacionadas à resolução de problemas e à inovação por meio da colaboração entre pares. Por fim, o TPACK em ação consiste na mobilização das distintas bases de conhecimentos pelos professores, durante a integração tecnológica, considerando a influência e a interação constante das dimensões contextuais.

Por fim, Mishra (2019) aponta uma inconsistência semântica na imagem canônica do TPACK, na qual o conhecimento não é representado pelos círculos em si, mas pelos espaços delimitados por eles. Assim, cada um desses espaços corresponde a um tipo de conhecimento, identificado pela letra K, de modo que as interseções (TPK, PCK e TCK), embora não constituam círculos completos, são igualmente compreendidas como formas de conhecimento. O círculo tracejado externo, rotulado como “Contexto” ou “Contextos”, também delimita um espaço, entretanto, não é compreendido como uma forma de conhecimento. Desse modo, considerando a coerência semântica, todo espaço delimitado deve representar algum aspecto do conhecimento. Logo, o círculo tracejado externo contempla o conhecimento contextual (XK), o qual os professores precisam desenvolver para integrar tecnologia ao ensino, abrangendo desde a consciência das tecnologias disponíveis, até o seu entendimento da escola, do distrito, do estado ou das políticas nacionais nas quais atua.

A filosofia da tecnologia

Quais são os aspectos do conhecimento tecnológico? Ele estaria restrito à descrição funcional contida nos manuais de operações? Feenberg (2018) responde essas questões, buscando compreender a ligação entre a dimensão estritamente funcional de um dispositivo, tal como se encontra num manual de operações, e o seu significado social. Segundo o autor, a modernidade modificou o modo como nos relacionamos com as tecnologias. Na Antiguidade, os artefatos tecnológicos eram concebidos mediante uma essência, detentora, em termos teleológicos, de uma finalidade e um significado.

Contudo, a nossa sociedade modificou essa compreensão, tornando a essência convencional, ou seja, as finalidades são definidas e os significados são criados. Como resultado, a tecnologia tornou-se puramente instrumental, tratando a natureza como matéria prima, transformada naquilo que desejamos. Inicialmente, essa abordagem não resultou em grandes danos à sociedade, contudo, em meados do século XX, os impactos tecnológicos na sociedade exigiram uma reflexão sobre o seu papel na sociedade (Feenberg, 2018).

Essa neutralidade “[...] trouxe-nos a uma crise da civilização da qual não parece existir fuga: sabemos como chegar lá, mas não sabemos por que estamos indo, ou até mesmo para onde” (Feenberg, 2018, p. 124). Para compreender o caminho futuro da relação entre tecnologia e sociedade, devemos analisá-la à luz dos valores que possui e a forma como a controlamos. A Figura 2 apresenta o resumo dessas características, partindo das combinações possíveis para apresentar as diferentes visões tecnológicas (Feenberg, 2018).

Tecnologia é:	Autônoma	Controlada humanamente
Neutra (separação completa dos meios e fins)	Determinismo (p. ex., teoria da modernização)	Instrumentalismo (fé liberal no progresso)
Valorativa (os meios formam um modo de vida que inclui os fins)	Substantivismo (meios e fins ligados em sistemas)	Teoria crítica (escolha de sistemas alternativos de meios e fins)

Figura 2. Visões tecnológicas

Quando é neutra de valores e humanamente controlada, conforme mostrado na Figura 2, a tecnologia torna-se instrumentalista, isto é, uma ferramenta ou instrumento voltado à satisfação das nossas necessidades. O determinismo também possui uma visão neutra da tecnologia, contudo, ele pressupõe que as tecnologias controlam e moldam a sociedade. No substantivismo, temos uma valoração da tecnologia, ou seja, ela é utilizada mediante algum propósito, neste caso, relacionado a um estilo de vida guiado pela própria tecnologia, moldado por valores como eficiência e poder (Feenberg, 2018).

Feenberg (2018) argumenta, por fim, em favor de uma teoria crítica, que reconhece que as tecnologias possuem valores além da eficiência, ao mesmo tempo que entende que elas são controláveis em algum sentido. Nela, os meios e os fins estão conectados, uma vez que contemplam o controle por meio de metaescolhas, numa perspectiva democrática. Coletivamente, podemos determinar outros valores, além da eficiência, a serem incorporados. Neste sentido, a teoria crítica desafia a reivindicação tecnocrática de que somente os especialistas contribuem para o projeto das tecnologias. Assim, se a tecnologia avança em várias direções, a escolha sobre qual seguir deve ser discutida, questionando as decisões hegemônicas, fruto, muitas vezes, de interesses particulares (Feenberg, 2018).

Modelos de formação docente

Buscando compreender a prática docente, três tendências foram propostas a partir de uma aproximação teórica, justificadas por meio de fundamentos epistemológicos e pedagógicos, pressupondo formas de entender as dinâmicas inerentes ao trabalho docente. Denominados modelos de formação docente, buscam a hegemonia na formação de professores, sendo classificados como racionalidade técnica, racionalidade prática e racionalidade crítica (Contreras, 2002).

A prática profissional, inclusive a docente, é, muitas vezes, direcionada à solução instrumental de problemas, resolvidos por intermédio da aplicação de técnicas e teorias oriundas da respectiva formação profissional (Schön, 2000). Esse modelo, denominado racionalista técnico, tem, como aspecto central, a teoria iluminando a prática, ou seja, dominar o conteúdo é considerado suficiente para que o professor desenvolva o seu trabalho (Pereira, 2008). Nele, a atividade profissional busca soluções instrumentais baseadas em teorias científicas, influenciada pela crença de que o uso do método científico melhora o ensino. A formação docente foca na transmissão de conhecimentos científicos e habilidades para aplicação prática, com pouca autonomia para decisões. Esse modelo hierárquico, que separa pesquisa e prática, vê o professor como técnico, aplicando regras predefinidas para ensinar (Contreras, 2002; Cunha, 2021).

Criticando a racionalidade técnica e a incapacidade de a teoria representar plenamente a prática, Schön (2000) e Stenhouse (2003) argumentam a favor do modelo denominado racionalidade prática, valorizando a prática profissional como corpo de conhecimento.

Para Schön (2000), o excelente desempenho, perspicácia ou talento artístico que alguns profissionais demonstram ao trabalhar com imprevistos e zonas indeterminadas de suas profissões servem como inspiração na superação de imprevistos. Esse processo de produção de conhecimento ocorre por meio da reflexão, seja durante a prática (reflexão-na-ação) ou depois dela (reflexão-sobre-a-reflexão-na-ação) (Schön, 2000). Por outro lado, Stenhouse (2003) compreende o processo reflexivo como a busca incessante por possibilidades, tal como um músico, que experimenta variações em uma partitura na busca por novas dinâmicas. Segundo ele, os professores devem assumir o papel de pesquisadores, organizando, verificando e validando tais conhecimentos práticos. Sob essa ótica, o currículo deixa de ser considerado um conjunto de materiais ou conteúdo a serem seguidos, mas um meio de estudar os problemas de ensino. Assim, a sala de aula torna-se um laboratório de pesquisa, em que os conhecimentos teóricos do currículo são considerados hipóteses testadas pelos professores (Stenhouse, 2003).

A racionalidade prática valoriza o conhecimento dos profissionais, no entanto, esse saber é influenciado por compreensões de mundo, valores e linguagens. Logo, a reflexão sobre o desenvolvimento profissional e objetivos educacionais torna-se autolimitada, podendo estar associada a perspectivas neoliberais ou à tradição de eficiência social, ao comparar as próprias práticas com as melhores propostas do conhecimento objetivo (Cunha, 2021). Assim

sendo, refletir tornou-se um “[...] *slogan* vazio de conteúdo” (Contreras, 2002, p. 135), sinônimo de pensar com dedicação (Contreras, 2002).

É necessário que a reflexão, como processo, incorpore a consciência das implicações sociais, econômicas e políticas da prática, a fim de superar a visão reducionista da reflexão. Para tal, é preciso que os professores, mediante uma teoria crítica, “intelectualizem” o seu trabalho, questionando criticamente a sua concepção da sociedade, da escola e do ensino (Contreras, 2002).

A racionalidade intelectual-crítica entende o professor como um profissional que participa ativamente no esforço de desvelar os fatores sociais e institucionais que condicionam a prática educativa, mediante a reflexão crítica. Diferentemente das outras formas de reflexão, voltadas às suas práticas e às incertezas que causam, a perspectiva crítica amplia o seu alcance, possibilitando aos professores analisarem e questionarem as estruturas e limites institucionais onde trabalham. Ela não é concebida como um processo exclusivo de pensamento, mas contempla o propósito de posicionar-se diante dos problemas e atuar conseqüentemente, considerando as situações que estão além de nossas próprias intenções e atuações pessoais, bem como as suas origens social e histórica. Logo, exige a organização de professores na elaboração de abordagens voltadas à crítica, almejando a reformulação das formas de pensar e agir da sociedade, bem como as condições de trabalho docente (Contreras, 2002).

Revisões Anteriores

Nesta seção, discutimos três revisões anteriores que, em conjunto, ajudam a compreender como o TPACK tem sido mobilizado na formação de professores e quais limites e questões em aberto permanecem para o debate no EC.

Em sua dissertação, Oliveira (2017) conduziu uma RSL com o objetivo de identificar possibilidades, limites e desafios do referencial TPACK na formação de professores para a integração das TDIC na Educação Científica e Tecnológica. Como resultados, indica a fraca teorização sobre as dimensões do referencial, a recorrente definição de tecnologia como ferramenta pedagógica e a existência de poucos estudos sobre TPACK nesse domínio, o que tensiona o seu uso como quadro teórico único para uma formação crítica e criativa de professores de Ciências. A autora sustenta, assim, que as definições do TPACK podem ser enriquecidas por outros referenciais, inclusive, para superar a visão instrumental de tecnologia, incluindo relações entre tecnologia e sociedade. Além disso, destaca que o contexto, embora componente essencial do modelo, tende a aparecer pouco discutido, por vezes, ficando restrito à representação gráfica.

Bernardes e Neto (2020) também realizaram uma RSL procurando compreender como o referencial TPACK está sendo utilizado para a integração de tecnologias no Ensino de Química. Os resultados indicaram que o referencial é adotado predominantemente de modo teórico, especialmente, em contextos de formação continuada de professores. Ademais, os autores apontam que há escassez de estudos no contexto brasileiro, sinalizando a necessidade

de ampliar as pesquisas fundamentadas nesse referencial na formação de professores de Química.

Battú e Gonçalo e Santos (2023), em sua RSL, propuseram-se a identificar as perspectivas e modalidades pedagógicas associadas ao uso do referencial TPACK no Ensino de Física. Os principais resultados indicam que o referencial tem sido adotado, principalmente, na produção de materiais didáticos e no desenvolvimento de estratégias didáticas que articulam tecnologia, pedagogia e conteúdo. No conjunto de estudos discutido por esses autores, observamos predomínio de pesquisas em contexto de formação inicial. Quanto à coleta de dados, predominam questionários, seguidos por entrevistas, atividades didáticas e análise de documentos.

De modo geral, as sínteses disponíveis convergem ao mostrar que o referencial tem sido mobilizado para sustentar propostas de integração tecnológica com predomínio de abordagens teórico-descritivas, voltadas à caracterização de propostas (perspectivas, modalidades, materiais e estratégias) ou a medidas do TPACK, contribuindo para caracterizar a produção, mas avançando pouco na compreensão sobre como essas propostas concretizam-se nas formações. Além disso, há poucos estudos que analisem claramente como a epistemologia e a filosofia da tecnologia influenciam a construção dessas propostas.

Neste sentido, em diálogo com as revisões anteriores, a nossa RSL busca avançar ao deslocar o foco da caracterização/mensuração para a análise dos movimentos formativos efetivamente desenvolvidos, identificando os modelos formativos adotados e discutindo em que medida o EC tem promovido ou restringido a autonomia docente na integração tecnológica.

Métodos

Pickering e Byrne (2014) recomendam o protocolo denominado "abordagem quantitativa sistemática", um tipo de revisão sistemática estruturada, cujo processo de coleta e análise da literatura segue uma série de etapas claras:

Definição do tópico: Partimos da dissertação de Oliveira (2017), que, por meio de uma RSL, identificou as possibilidades, os limites e os desafios do referencial TPACK na formação de professores para a integração de tecnologias na Educação Científica e Tecnológica. Neste sentido, adaptamos essa revisão para a área do EC.

Identificação das Questões de Pesquisa: procurando obter um panorama das propostas de formação de professores no EC, voltadas ao uso de tecnologias na perspectiva do referencial TPACK, respondemos à questão, a saber:

- De que modo propostas de formação de professores no EC, orientadas pelo TPACK, configuram a ação docente e problematizam a neutralidade tecnológica na integração, na perspectiva da filosofia da tecnologia e do Modelos de formação docente?

Seleção de Palavras-Chave: utilizamos, como palavras-chave/descriptores: TPACK OR TPCK OR "conhecimento pedagógico e tecnológico de conteúdo" OR "conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo" OR "conhecimento pedagógico tecnológico de conteúdo" OR "conhecimento pedagógico tecnológico do conteúdo" OR "conhecimento

pedagógico-tecnológico de conteúdo" OR "conhecimento pedagógico-tecnológico do conteúdo" OR "*conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar*" OR "*conocimiento tecnopedagógico del contenido*" OR "*conocimiento técnico pedagógico del contenido*" OR "*saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido*" OR "*technological pedagogical and content knowledge*" OR "*technological pedagogical content knowledge*".

Seleção e Pesquisa em Bancos de Dados: a nossa busca consistiu em três etapas. Na primeira, realizamos a seleção dos periódicos. Adotamos o sistema Qualis-Periódicos da Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) quadriênio 2017-2020, utilizando, como filtros: área mãe - Ensino; áreas de avaliação - Astronomia/Física, Ciências Ambientais, Ciências Biológicas I, Ciências Biológicas II, Ciências Biológicas III, Educação, Ensino e Química; extratos - A1, A2, A3, A4. Encontramos 583 periódicos, dos quais desconsiderando os resultados duplicados, reduzimos para 256. Realizando a leitura do título e consultando o site do periódico, chegamos ao número de 132 periódicos que abordam/tratam de temas relacionados ao Ensino de Ciências. A Figura 3 resume esse processo.

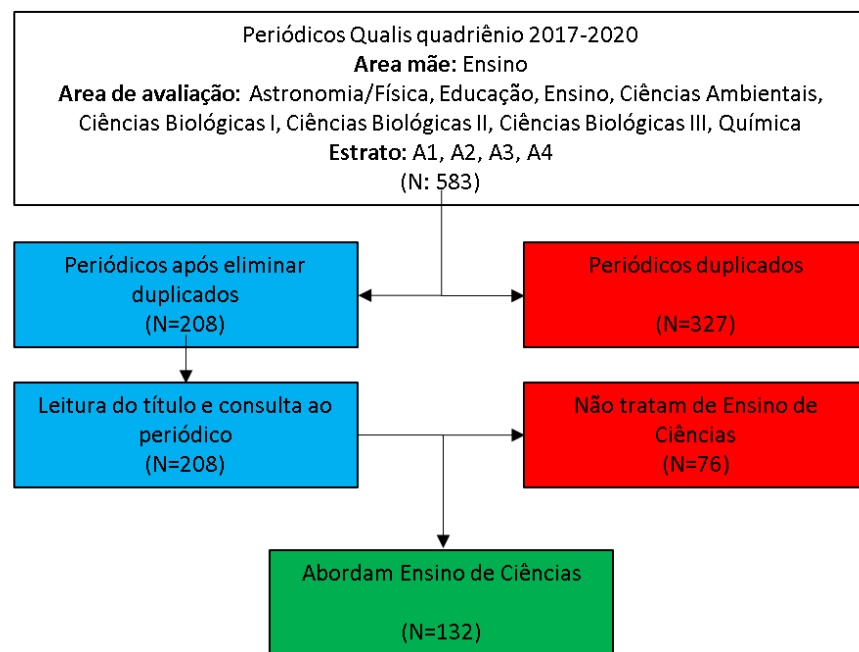


Figura 3. Etapa 1: Seleção dos periódicos.

Na segunda etapa, iniciamos a busca sistemática de artigos, encontrando um total de 319 estudos. Realizando a leitura do título, resumo e palavras-chaves, foram descartados 238 artigos, resultando em 81 que estão diretamente associados ao Ensino de Ciências.

Leitura e Avaliação das Publicações: Na terceira etapa, realizamos a leitura completa dos textos, dos quais descartamos 36 que ou não eram fontes primárias ou não se tratavam diretamente do referencial TPACK¹. Junto disso, eliminamos os estudos que não apresentavam propostas formativas direcionadas à integração tecnológica. Assim,

¹ Neste caso, identificamos estudos que, embora contivessem os termos das palavras-chave, não se enquadram no escopo da pesquisa, pois não eram fundamentados no referencial TPACK e/ou não eram deliberadamente direcionados ao EC.

resultaram 17 artigos que se tornaram *corpus* efetivo para análise. A Figura 4 resume essa etapa.

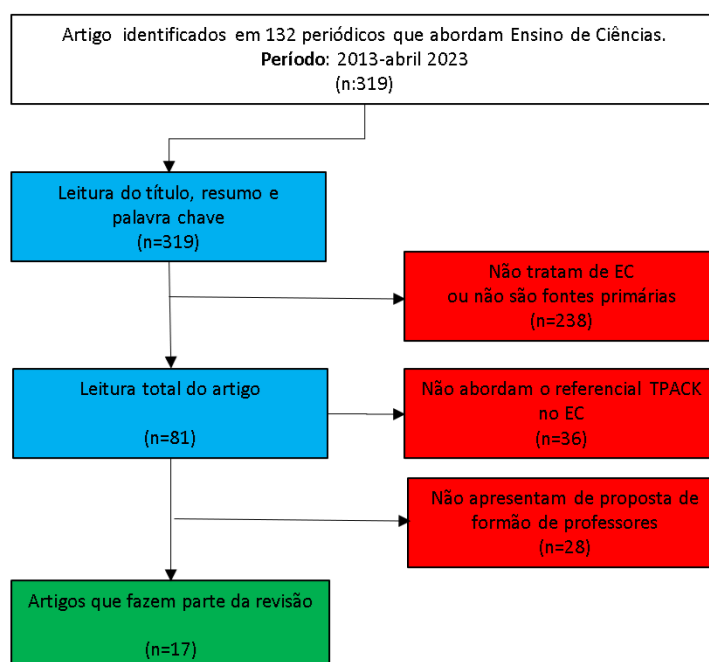


Figura 4. Etapa 3: Seleção dos artigos.

Desenvolvimento do banco de dados, criação de categorias, inserção dos artigos, verificação e produção de tabelas de resumo: A partir da literatura selecionada, foi elaborado um banco de dados para a extração e a classificação dos artigos em categorias analíticas definidas *a priori*², orientadas pelo referencial teórico e pelos objetivos da revisão, com base na Análise de Conteúdo (Bardin, 2006). Para referenciar as produções ao longo do texto, adotamos um sistema alfanumérico (T01, ..., Tn). Na sequência, temos a tabela 1 que resume os estudos analisados, os seus códigos, os títulos dos trabalhos e respectivos autores.

Tabela 1. Corpus de análise.

Código	Título	Autores
T01	Can You Tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs	(Blonder et al., 2013)
T02	ICT Use in Science and Mathematics Teacher Education in Tanzania: Developing Technological Pedagogical Content Knowledge	(Kafyulilo et al., 2015)
T03	Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans	(Canbazoglu Bilici et al., 2016)

² As categorias analíticas foram estabelecidas previamente ao processo de codificação do *corpus*, a partir do referencial teórico e dos objetivos da revisão, e aplicadas de modo sistemático aos artigos analisados.

T04	Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge	(Cetin-Dindar et al., 2018)
T05	A investigação-formação-ação na constituição dos conhecimentos tecnológicos pedagógicos de conteúdo de professores de Ciências	(Bervian & Araújo, 2019)
T06	Teachers personalize videos and animations of biochemical processes: results from a professional development workshop	(Dorfman et al., 2019)
T07	Technology-Enhanced Science Partnership Initiative: Impact on Secondary Science Teachers	(Ng & Fergusson, 2019)
T08	South African university students' attitudes towards chemistry learning in a virtually simulated learning environment	(Penn & Ramnarain, 2019)
T09	Processo de Investigação-Formação-Ação Docente: uma Perspectiva de Constituição do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo	(Bervian & Pansera-de-Araújo, 2020)
T10	Percepção de Professores-Cursistas em Formação Continuada de Biologia Sobre a Colaboração em um Ambiente Virtual de Aprendizagem	(Medeiros et al., 2020)
T11	Developing technological pedagogical science knowledge through educational computational chemistry: a case study of pre-service chemistry teachers' perceptions	(Rodríguez-Becerra et al., 2020)
T12	Modelos de conocimiento didáctico del contenido científico y tecnológico en docentes de Química y Física	(Salica et al., 2020)
T13	Formação para a apropriação e integração das tecnologias digitais da informação e comunicação ao ensino de física	(Leonel et al., 2021)
T14	Investigação-formação-ação no Ensino de Ciências: perspectivas para a constituição do TPACK dos professores	(Bervian & Araújo, 2022)
T15	From PCK to TPACK - Supporting student teachers' reflections and use of digital technologies in science teaching	(Nilsson, 2022)
T16	Avaliação de integração tecnológica de planos de ensino de professores de Biologia em formação com o uso de modelo CTPC	(Souza & Salvador, 2022)
T17	TPACK leveraged: A redesigned online educational technology course for STEM preservice teachers	(Umutlu, 2022)

Considerando que o escopo da análise abrange estudos sobre integração tecnológica orientados pelo referencial TPACK, a categorização dos artigos concentrou-se no modo como as propostas formativas buscam capacitar professores para o uso pedagógico das tecnologias.

Partimos do entendimento de que o lugar atribuído ao professor nessas propostas não é único e nem fixo, pois depende de como a própria formação situa-o no processo educativo. Essa posição condiciona as possibilidades de ação docente para compreender e enfrentar problemas da integração tecnológica, conforme sua natureza e complexidade, e afeta também o reconhecimento profissional. Assim, as categorias não foram tratadas como rígidas, mas como perspectivas nas quais certos traços tornam-se predominantes, definidas

exclusivamente por evidências textuais sobre a relação entre referencial teórico e ação docente.

A categorização foi organizada em três perspectivas analíticas: (i) teoria delimitando a ação docente, quando a integração é conduzida por orientações prescritivas e roteiros previamente definidos; (ii) teoria ampliando a ação docente, quando a proposta enfatiza avaliar, selecionar e justificar tecnologias e estratégias e (iii) teoria ressignificando a ação docente, quando prática e reflexão reorientam o referencial e a ação subsequente em ciclos de ação-reflexão-replanejamento. Em cada categoria, também foram examinados aspectos que influenciam a ação de integração: abordagem epistemológica, abordagem tecnológica, perspectiva do TPACK (integrativa ou transformativa) e abordagem de contexto (âmbito e atores). Com esses critérios, buscamos responder às questões de pesquisa, discutir implicações e sintetizar as descobertas encontradas, trazendo implicações diretas à formação de professores no Ensino de Ciências.

Análise

Procedendo à leitura dos estudos, observamos, inicialmente, que, embora o referencial TPACK organize e oriente as propostas, na maioria dos casos, ele não assume papel predominante na condução das experiências formativas. As decisões relativas à operacionalização das bases do TPACK e de constituição desse conhecimento são conduzidas por estratégias e pressupostos oriundos de outros referenciais teóricos, que assumem maior protagonismo na estruturação das ações de integração tecnológica.

A partir dessa perspectiva, aprofundamos a nossa análise para compreender, com base na relação teoria-prática e respectivos movimentos, como diferentes referenciais teóricos articulam-se com o referencial TPACK posicionando os participantes dentro do processo formativo na ação de integração tecnológica.

Desse modo, classificamos as propostas dentro das categorias que estabelecem a ação docente na ação de integração. A tabela 2, na sequência, resume como os estudos foram classificados dentro das categorias

Tabela 2. Distribuição dos estudos nas categorias de análise

Categoria	Estudos
Teoria delimitando a ação docente na integração tecnológica	T16
Teoria ampliando a ação docente na integração tecnológica	T01, T02, T03, T04, T06, T07, T08, T10, T11, T12, T13, T15, T17
Teoria ressignificando a ação docente na integração tecnológica	T05, T09, T14

A seguir, apresentamos as categorias e os seus respectivos desdobramentos, articulando a descrição dos padrões identificados com trechos representativos e a interpretação dos resultados.

A teoria delimitando a ação docente na integração tecnológica

Classificamos, nessa perspectiva, estudos que apresentam propostas formativas prescritivas, nas quais distintos referenciais teóricos orientam a ação docente de integração tecnológica mediante a aplicação técnica de estratégias e procedimentos fechados, com pouca (ou nenhuma) abertura para adaptações ou redefinições, a partir dos resultados encontrados na prática.

Este é o caso do Estudo T16, no qual a integração tecnológica é organizada a partir de uma sequência procedimental de cinco passos que, embora busque integrar tecnologias ao Ensino de Biologia, acaba por limitar a ação docente. Como tarefa final, “foi solicitada aos licenciandos a produção de um plano de ensino, com a integração de tecnologias, seguindo os cinco passos propostos por Harris e Hofer (2009)” (T16, 2022, p. 6).

Ao analisarmos as estratégias de incorporar visões de ciências, não observamos referenciais ou elementos que explorem e promovam a problematização e a reflexão sobre perspectivas externalistas no âmbito da proposta formativa. Semelhantemente, a incorporação de elementos da filosofia da ciência, como a neutralidade tecnológica ou valores que esses artefatos incorporam, também não são debatidas ou exploradas. Em alguns momentos, os estudos dialogam com a perspectiva instrumental, quando, por exemplo, esclarecem que “o termo tecnologia envolve aplicação prática do conhecimento para um determinado propósito.” (T16, 2022, p. 2), noção, que, de certo modo, também molda os próprios objetivos da integração tecnológica.

Analisando como a proposta busca desenvolver o TPACK dos participantes, ainda que não haja uma definição explícita da perspectiva adotada, ocorre mediante a justaposição entre conteúdo, tecnologia e pedagogia explicitada em “Definir as metas de aprendizagem [...] 2. Tomar decisões pedagógicas [...] 3. Escolher tipos de atividades de aprendizagem [...] 4. Selecionar as estratégias de avaliação [...] 5. Selecionar as tecnologias” (T16, 2022, p. 4). Além disso, embora a proposta promova a incorporação de aspectos contextuais, a abordagem fica concentrada nas condições da sala de aula (nível micro) e conteúdo adotado, conforme modelo de plano apresentado. Junto disso, a ausência de uma perspectiva teórica impossibilita o aprofundamento da reflexão em outros níveis (meso e macro), que, igualmente, influenciam a ação de integração.

Em síntese, essa categoria exemplifica que propostas fortemente estruturadas por roteiros prescritivos, organizam a integração tecnológica como execução de um procedimento, reduzindo margens de decisão e redefinição da prática.

Ainda que haja possibilidade de retorno a etapas, a centralidade do roteiro mantém a integração subordinada ao modelo proposto, restringindo a autonomia docente e dificultando o deslocamento do planejamento para uma problematização mais ampla da

integração. Assim, quando os professores depararem-se com situações não previstas, para as quais o roteiro não oferece alternativas, podem apresentar dificuldades para promover a integração.

A teoria ampliando a ação docente na integração tecnológica

Os estudos classificados nessa perspectiva apresentam propostas formativas que, embora adotem um referencial teórico, mobilizam-no como sustentação para a experimentação, a adaptação das formas de integração de tecnologias, a investigação docente e a exploração de alternativas, favorecendo a reflexão durante e após a ação e a produção de certo tipo de conhecimento no decorrer da prática.

Um exemplo de abordagem em que a teoria atua como suporte para a investigação e a experimentação, reconhecendo a incerteza, o erro e o redirecionamento pedagógico como elementos constitutivos do processo formativo consiste no estudo T11, o qual esclarece que o módulo com aprendizagem baseada em problemas (PBL) “facilitou a exploração autônoma de diferentes softwares” (T11, 2020, p. 651). Em dois estudos, T01 e T02, identificamos ciclos que articulam prática e reflexão. No entanto, ambos não explicitam a reinterpretação da teoria como ressignificação dos referenciais adotados. Em T02, por exemplo, o ciclo é explicitado como “*plan, teach, evaluate, re-plan*”, no qual, após uma atividade de microensino, a “reflexão por pares para avaliar a aula ensinada” (T02, 2015, p. 4) promove o redesenho da atividade.

Em relação às perspectivas epistemológicas, com exceção de T12, os demais estudos convergem em não adotar referenciais voltados a problematizar e refletir sobre a produção do conhecimento científico nas propostas formativas. Em T07, T11 e T15, as menções à ciência defendem a incorporação de práticas científicas, sem aprofundar como os processos de produção do conhecimento constituem-se, validam-se e situam-se socialmente. T11, por exemplo, relata que, no contexto formativo, “os estudantes recriaram o trabalho científico e usaram informações sobre forças intermoleculares para pesquisar um problema do mundo real” (T11, 2020, p. 646). Por outro lado, T12, que mobiliza o referencial Natureza da Ciência e da Tecnologia (NdCyT) para orientar decisões de escolha de recursos tecnológicos, conduzindo os participantes da proposta “a analisar o conteúdo da interface gráfica do *software*, a qual deve estar em sintonia com sua ideia de ciência e, conseqüentemente, com sua visão de ensino da ciência e tecnologia” (T12, 2020, p. 139). Quanto às visões tecnológicas, embora as propostas não incorporem, de modo deliberado, elementos da filosofia da tecnologia, em alguns estudos, como T01, T12, T13 e T06, críticas ao uso instrumental são observadas. Em contraste, T13 busca superar essa forma de uso de modo mais efetivo, defendendo uma formação crítica: “A integração que se almeja não está atrelada à mera inclusão de novos recursos tecnológicos, mas que esteja implicada com uma formação também crítica [...] que supere o uso meramente instrumental das TDIC [...] favorecendo novas maneiras de aprender, pensar, agir, comunicar e produzir” (T13, 2021, p. 38).

Em relação à constituição do TPACK, observamos que somente T03 e T11 assumem deliberadamente a perspectiva transformativa em suas propostas. Em T03, isso fica evidente

ao afirmar que o curso de “Metodologias de Ensino de Ciências foi elaborado com base no modelo transformativo de TPACK” (To3, 2016, p. 239). Nos demais estudos, não observamos evidências que possibilitaram classificar as propostas nessa perspectiva. Um dos problemas consiste em mobilizar o constructo de modo genérico, sem distinguir se a integração das bases ocorre por justaposição (soma) ou por síntese (fusão), resultando em uma estratégia formativa pouco clara e, conseqüentemente, contribuindo para que o TPACK seja interpretado como sinônimo de integração. Este é o caso de To7, que descreve o TPACK como “um referencial útil para pensar a integração de tecnologia digital no currículo e descrever a inter-relação entre conhecimento de conteúdo, pedagogia e tecnologia” (To7, 2019, p. 224), ao mesmo tempo em que explicita uma organização em que “os cientistas fornecem conhecimento de conteúdo, os professores fornecem conhecimento pedagógico e o parceiro tecnológico fornece expertise tecnológica” (To7, 2019, p. 224).

Quanto à mobilização do contexto, embora os estudos acionem esse conhecimento em suas propostas, nenhum deles fundamenta-o em um referencial teórico específico de conhecimento de contexto (macro/meso/micro), tratando-o predominantemente no interior de quadros como TPACK e TPASK. Em relação às propostas formativas, as abordagens convergem em mobilizar o contexto, sobretudo no âmbito micro, associado ao planejamento e ao uso de tecnologias em situações de aula, bem como à produção de artefatos como vídeos (To1 e To6), planos, materiais e módulos (To2, To4, To7, T10, T12, T15 e T17). No âmbito meso, a mobilização varia em [To1, To4, To7, To8, T10, T11 e T15], aparecendo como alinhamento curricular e/ou condições de implementação na escola; enquanto em To2, To3, T12, T13 e T17 não é descrita como dimensão trabalhada pela proposta. Já o âmbito macro não é mobilizado de forma sistemática nas propostas formativas, aparecendo apenas de maneira pontual em T13 e, de forma mais limitada, em T11 e T15. Na dimensão atores, o professor é mobilizado, principalmente, como responsável por decidir, planejar e justificar a integração tecnológica, sem que as propostas descrevam, de modo sistemático, um trabalho aprofundado com suas características pessoais (crenças, motivos, condições). Em relação aos estudantes, a dimensão deixa de ser explorada explicitamente em alguns estudos [To2, T10 e T13]. Quando explicitado, tende a enfatizar aspectos internos, como conhecimentos prévios [To3 e To4], concepções alternativas [To3, To4] e dificuldades de aprendizagem [T12, T15].

Em síntese, os estudos dessa categoria mobilizam a teoria como repertório para explorar, avaliar e justificar escolhas de integração tecnológica, ampliando a ação docente, sobretudo, pela experimentação e pela reflexão sobre alternativas no contexto de uso. Esse movimento favorece autonomia prática e produção de conhecimento pedagógico situado, mas tende a permanecer circunscrito ao contexto micro e a operar com baixa explicitação do mecanismo de constituição do TPACK. Assim, a ampliação do foco no “como fazer” não é acompanhada, na mesma medida por um aprofundamento teórico sobre ciência e tecnologia. Isso resulta em abordagens que, além de reforçarem e até mesmo promoverem visões científicas e instrumentalistas, tendem a desconsiderar o contexto, o que limita a transposição da integração diante de novos cenários.

Teoria ressignificando a ação docente de integração

Em menor quantidade, mas ocupando um espaço relevante e significativo para os processos formativos, identificamos propostas que promovem movimentos de ressignificação da integração tecnológica, estabelecendo uma relação dialética entre teoria e prática.

Um exemplo dessa perspectiva é observado no estudo T14, cujos “[...] processos formativos de IFA propiciaram o aprofundamento teórico, num trabalho com TDIC, em processos interativos de IFA, no Ensino de Ciências, visando à ressignificação dos entendimentos sobre a constituição do TPACK [...]” (T14, 2022, p. 432). Semelhantemente, o estudo T05 entende que a “IFA intencional possibilitou o processo formativo e interativo dos sujeitos professores pela reflexão em movimentos prospectivos e retrospectivos, que propiciaram novos ciclos na espiral autorreflexiva da constituição dos TPACK de professores de ciências.” (T05, 2019, p. 1623).

No que se refere à perspectiva epistemológica, não observamos, nos estudos T05, T09 e T14, evidências de mobilização de elementos que busquem promover ou refletir visões de ciência. Assim sendo, esse aspecto não é explicitado nas evidências apresentadas para sustentar essa categoria, deixando de ser objeto de ressignificação. Quanto às visões tecnológicas, os estudos convergem em não refletir diretamente sobre visões tecnológicas. No entanto, T09 e T14 sugerem indiretamente que os estudos adotam perspectivas substantivistas sobre as tecnologias. A partir da perspectiva histórico-cultural, eles articulam Vygotsky e Wertsch para sustentar a compreensão de que “[...] as TDIC, especificamente o Facebook neste estudo, são instrumentos culturais de desenvolvimento cognitivo e, como tais, quando trabalhados no processo formativo, desenvolvem e moldam a constituição do TPACK dos professores de Ciências, que precisa ser significado e apropriado para a integração das TDIC no currículo, nos distintos contextos educativos, visando os alunos” (T09, 2020, p. 95).

Em relação ao modelo de constituição do TPACK, os estudos T05 e T09 apresentam evidências diretas de alinhamento à perspectiva transformativa, evidenciando que, além de ser um conhecimento distinto e dinâmico, o TPACK é ressignificado de distintas formas de conteúdo, Pedagogia, tecnologia e contextos, de modo que esses conhecimentos são reinterpretados, com o objetivo de promover a integração tecnológica. No estudo T05, essa ressignificação está evidente, quando a autora declara que a “[...] abordagem transformativa considera o TPACK como forma distinta de conhecimento (Angeli & Valanides, 2009), como corpo de conhecimento dinâmico que sofre influência das transformações tecnológicas e relações entre a docência e os conhecimentos” (T05, 2019, p. 1626). Já o trabalho T14 entende o TPACK como “um corpo de conhecimento dinâmico influenciado pelas mudanças tecnológicas e as inter-relações entre os conhecimentos e à docência [...] que sofre influências dos elementos que o constituem [...]” (T14, 2022, p. 435).

Em contraste com perspectivas anteriores, o conhecimento de contexto apresenta-se como um componente mais ativo e influente, sobretudo em T09 e T14, nos quais o contexto é descrito como algo que influencia o planejamento e a implementação do referencial de integração adotado, orienta a reflexão e integra-se às decisões de integração. Quanto ao foco,

a dimensão dos estudantes aparece mais claramente em T05 e T14, enquanto a ênfase nos aspectos decisórios do professor é sustentada, principalmente, em T12. Em termos de abrangência, nos estudos T09 e T14, o contexto tende a concentrar-se tanto na sala de aula (micro) quanto na escola/instituição (meso). Por fim, o âmbito macro permaneceu pouco explorado no conjunto.

Em síntese, essa categoria demonstra uma integração tecnológica ressignificada na e pela prática, estruturada por ciclos explícitos de ação-reflexão-replanejamento, nos quais teoria e prática reorientam-se mutuamente. Esse arranjo desloca a integração de uma lógica predominantemente operacional para uma lógica de construção de sentido pedagógico, com maior dinamismo na articulação entre tecnologia, Pedagogia e conteúdo. Contudo, a ressignificação permanece majoritariamente ancorada no contexto imediato de implementação e com baixa problematização sistemática de dimensões sociopolíticas mais amplas, o que limita o alcance crítico da integração.

Síntese interpretativa

Considerando o conjunto analisado, verificamos que as categorias apresentam semelhanças ao adotar referenciais articulados ao TPACK, mas se distinguem pelas abordagens com que orientam a ação de integração dos participantes.

Nessa perspectiva, percebemos que, no contexto do EC, a formação de professores tende a evitar abordagens fortemente estruturadas por roteiros prescritivos, que limitem a ação docente. Contrariamente, processos formativos direcionados à reflexão contínua entre teoria e prática, ressignificando as ações de integração, demonstram que são subutilizados. De forma predominante, observamos abordagens mais ativas, direcionadas a explorar possibilidades e alternativas de integração tecnológica, posicionando os professores como pesquisadores e produtores de conhecimento tácito de integração tecnológica. Esse padrão demonstra que a autonomia docente constitui um aspecto central na formação de professores. Contudo, essa autonomia tende a ser restrita ao contexto da sala de aula, conforme convergências e divergências apresentadas a seguir.

Em relação à constituição do TPACK, notamos que poucas propostas explicitam e sustentam uma perspectiva transformativa. Isso sugere que, em muitos estudos, o referencial é mobilizado de modo pouco aprofundado, sem explicitar seus preceitos e processos de constituição. Tanto nas propostas que delimitam quanto naquelas que ampliam a ação de integração docente, a falta de clareza quanto à perspectiva de TPACK tende a resultar na noção de articulação como justaposição das bases. Em contraste, abordagens orientadas por movimentos dialéticos favorecem a compreensão do TPACK como conhecimento transformativo e situado, ao articular teoria e prática em um entrelaçamento contínuo no qual a teoria orienta a ação e a prática reinterpreta os referenciais. De modo geral, a área tende a mobilizar o TPACK de modo genérico: embora declare integrar as bases, não apresenta elementos suficientes para distinguir se a integração ocorre por justaposição ou por síntese. Assim, para sustentar o TPACK como conhecimento dinâmico e situado, torna-

se necessária a adoção de estratégias formativas que operacionalizem abordagens transformativas, evitando que o TPACK seja reduzido a sinônimo de integração tecnológica.

Quanto à percepção do TPACK como conhecimento situado, os resultados das três categorias convergem ao abordar o contexto no nível micro, associados à ausência de referenciais teóricos, funcionando como condição de aplicação do uso de tecnologias do que lente de análise. Junto disso, verificamos que a articulação teoria-prática adotada na formação também pode influenciar o modo como ele é explorado. Nas propostas em que os referenciais teóricos limitaram a ação integradora, percebemos que o conhecimento de contexto é tratado de forma prescritiva, restringindo-se à definição do nível de ensino e dos conteúdos adotados. Já as propostas cujos referenciais ampliam a ação de integração, o contexto focou, principalmente, na compreensão das características internas dos estudantes. Já as propostas que observam a perspectiva dialética, elas favorecem a exploração das características externas de estudantes e professores. Esses achados demonstram uma compreensão limitada do TPACK como conhecimento situado, tratado, sobretudo, operacional e imediato, sem incorporar condicionantes mais amplos da prática docente. Assim, para promover um TPACK efetivamente situado, torna-se necessária a incorporação de perspectivas teóricas e, particularmente, de referenciais críticos, que possibilitem ampliar a análise dos aspectos que influenciam a ação de integração tecnológica para os níveis meso e macro.

Quanto às visões tecnológicas, observamos que cinco estudos teceram críticas ao uso instrumental desses recursos. Entretanto, ao analisar como essas abordagens buscaram transcender essa forma de uso, identificamos que apenas três promoveram práticas que superam o instrumentalismo. Um aspecto em comum desses estudos é que, embora não dialoguem diretamente com a filosofia da tecnologia, promovem, mediante a adoção de referenciais, concepções não instrumentais e não neutras da tecnologia. Nos demais estudos, embora demonstrem intencionalidade pedagógica como justificativa para superar o uso instrumental, as tecnologias são concebidas como recursos direcionados à melhoria da aprendizagem. Esses achados indicam que as propostas formativas tendem a restringir a ação de integração docente a abordagens instrumentais, com pouca reflexão sobre consequências sociais, quando carecem de referenciais teóricos que promovam concepções tecnológicas não instrumentais. Assim posto, para que haja problematização efetiva da tecnologia, torna-se necessária a incorporação de elementos da filosofia da tecnologia que permitam refletir sobre a neutralidade tecnológica, bem como sobre os valores e as relações de poder que atravessam esses artefatos, superando visões instrumentalistas e deterministas.

Quanto às visões de Ciência, os dados indicam que apenas um estudo mobiliza referenciais epistemológicos de modo consistente para orientar decisões de integração tecnológica. Os demais estudos não incorporam tais referenciais em suas propostas. O trabalho citado adota um referencial para orientar a escolha de recursos tecnológicos. Essa fragilidade (da escassez de referenciais), presente de modo transversal nas propostas, delimita a ação de integração dos participantes e reforça visões cientificistas e hierárquicas do conhecimento, nas quais a tecnologia é concebida como mera aplicação de conhecimentos científicos, sem problematizar os processos de produção e validação, nem o caráter socialmente situado do

conhecimento científico. As evidências sugerem que a integração tecnológica no EC mediante o TPACK tende a priorizar a realização de atividades e o ensino de conteúdos, deixando em segundo plano a problematização epistemológica da ciência como prática social. Nesse caminho, a incorporação dessas perspectivas aponta para mudanças tanto no desenho das propostas formativas quanto na atuação crítica do professor, inserindo discussões que promovam a compreensão, a mobilização e a problematização de elementos epistemológicos.

Discussão

Inicialmente, a análise dos estudos indica que o modo como os referenciais articulados ao TPACK organiza a ação docente de integração tecnológica, exerce influência direta sobre essa ação. Ao articular o TPACK, modelos de formação docente e a filosofia da tecnologia como lentes analíticas, procuramos descrever como esses referenciais configuram o perfil de professor e, ao final do processo formativo, quais são os seus efeitos na ação de integração tecnológica desenvolvida.

Quando as propostas formativas são conduzidas por referenciais que propõem roteiros prescritivos, o efeito tende a ser formativamente negativo, pois, além de reforçar a noção de hierarquia do conhecimento, reduz o professor à condição de técnico e executor de ideias, preparando-o com pouca autonomia para trabalhar com situações reais, que exigem julgamento, adaptação e tomada de decisão em contextos não previstos. À medida que as propostas afastam-se do caráter prescritivo e abrem espaço para escolha e justificativa das tecnologias, observamos um avanço, no sentido de possibilitar que os professores produzam conhecimentos tácitos de integração tecnológica.

Do ponto de vista da formação docente, esse movimento é relevante porque desloca o professor da execução para a tomada de decisão. As propostas que operam em uma perspectiva dialética apresentam um deslocamento qualitativo importante. Nelas, o TPACK, além de ser mobilizado em uma perspectiva transformativa, como um conhecimento único e situado, é continuamente reinterpretado a cada planejamento, implementação e replanejamento, promovendo um movimento permanente de ressignificação. Esse achado reforça uma compreensão de integração como devir, isto é, como um processo que não se encerra no âmbito do processo formativo, mas se constitui e reconfigura continuamente na prática.

Ainda assim, uma vez que esses movimentos não superam os limites do contexto imediato da prática docente, a integração tecnológica tende a assumir um viés instrumental, voltado a problemas imediatos e à aprendizagem de conteúdos, em detrimento de uma formação crítica. Como consequência, ciência e tecnologia são pouco problematizadas em suas dimensões sociais e políticas (valores, relações de poder e influências), o que enfraquece o professor como intelectual capaz de promover leitura e intervenção no mundo.

Desse modo, entendemos que a principal contribuição deste estudo consiste em evidenciar que a formação de professores voltada à integração, mediante o referencial TPACK em articulação com outros referenciais, pode posicionar os professores de formas distintas. No

contexto do EC, o predomínio de abordagens com baixa explicitação do mecanismo de constituição do TPACK e com tratamento do contexto predominantemente no âmbito micro faz com que a integração tenda a permanecer em abordagens mais operacionais e imediatas, em vez de explicitar o processo de produção desse conhecimento. Além disso, quando essa formação não se articula a referenciais que promovam leituras críticas sobre ciência e tecnologia, a integração permanece limitada e pouco problematizadora. Nessa condição, embora a prática formativa possa favorecer uma autonomia, isso não ocorre a ponto de constituir os professores como intelectuais capazes de interpretar criticamente e intervir na realidade.

Como limitação, a distribuição dos estudos entre as categorias não é homogênea: a perspectiva que delimita a ação docente é pouco representada no *corpus* e a perspectiva de ressignificação concentra-se em produções de uma mesma autora, o que reduz a diversidade de vozes e pode restringir a generalização interpretativa dos padrões identificados. Assim, torna-se pertinente ampliar o *corpus* em estudos futuros, de modo a testar a validade dessas tendências em outros contextos de pesquisa.

Como desdobramento, evidenciamos a necessidade de propostas que incorporem o referencial TPACK em consonância com seus preceitos teóricos, articulando-o às racionalidades dos modelos de formação docente. Desse modo, sustentam-se abordagens mais processuais, nas quais a integração tecnológica seja compreendida como produção, reelaboração e transformação do próprio TPACK. Em paralelo, a adoção de uma perspectiva crítica da tecnologia amplia o enfoque para além da operacionalização de recursos, deslocando-o para a problematização da tecnologia como artefato atravessado por valores e relações de poder e, portanto, passível de ressignificação, favorecendo uma formação que rompa com a neutralidade e fortaleça o professor como agente crítico no processo de integração.

Conclusão

Esta revisão teve como objetivo analisar estudos voltados à formação de professores para a integração de tecnologias no EC a partir do referencial TPACK, em articulação com outros referenciais. Os resultados salientam que tais articulações podem posicionar os professores em formas distintas de ação de integração, com predominância de propostas que ampliam a ação de integração.

Ainda que esse predomínio sinalize que o EC tende a favorecer a autonomia docente na integração tecnológica, a análise evidencia como limite recorrente a baixa explicitação do mecanismo de constituição do TPACK, o que desloca a integração para abordagens mais operacionais e imediatas. Além disso, quando a formação não se articula a referenciais que promovam leituras críticas sobre ciência e tecnologia, a integração permanece pouco problematizadora: embora possa favorecer alguma autonomia, não avança a ponto de constituir professores como intelectuais, capazes de interpretar criticamente e intervir na realidade, permanecendo, frequentemente, restrita ao âmbito micro da prática e a um viés instrumental.

Por fim, entendemos a necessidade de estudos propostos que incorporem o referencial TPACK alinhados com seus preceitos teóricos, articulando-o às racionalidades dos modelos de formação docente, sustentando abordagens mais processuais. Em paralelo, a adoção de uma perspectiva crítica da tecnologia pode deslocar o enfoque para além da operacionalização de recursos, problematizando-a como artefato atravessado por valores e relações de poder e, por conseguinte, passível de ressignificação, favorecendo uma formação que rompa com a neutralidade e fortaleça o professor como agente crítico no processo de integração.

Referências

- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154-168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Bardin, L. (2006). *Análise de conteúdo* (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trans.). Edições 70.
- Battú e Gonçalo, F., & Santos, P. J. S. dos. (2023). Explorando o Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo na formação docente de professores de Física: Uma revisão sistemática. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 40(2), 262–288. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2023.e90364>
- Bernardes, T. S., & Neto, A. S. de A. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in pre-service and in-service chemistry teacher training: A systematic literature review. *RENOTE*, 18(2), 611–620. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110304>
- Bervian, P. V., & Araújo, M. C. P. de. (2019). A investigação-formação-ação na constituição dos conhecimentos tecnológicos pedagógicos de conteúdo de professores de ciências. *Bio-grafia*, 1623–1636. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/11146>
- Bervian, P. V., & Araújo, M. C. P. de. (2022). Investigação-formação-ação no Ensino de Ciências: Perspectivas para a constituição do TPACK dos professores. *Revista Insignare Scientia - RIS*, 5(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n3.12845>
- Bervian, P. V., & Pansera-de-Araújo, M. C. (2020). Action-Research-Training Teaching Process: A Perspective on the Constitution of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Revista de Educación En Biología*, 23(1), 90-96. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v23.n1.28071>
- Blonder, R., Jonatan, M., Bar-Dov, Z., Benny, N., Rap, S., & Sakhmini, S. (2013). Can You Tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 269-285. <https://doi.org/10.1039/C3RP00001J>
- Canbazoglu Bilici, S., Guzey, S. S., & Yamak, H. (2016). Assessing pre-service science teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) through observations and lesson plans. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 237–251. <https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1144050>
- Cetin-Dindar, A., Boz, Y., Sonmez, D. Y., & Celep, N. D. (2018). Development of pre-service chemistry teachers' technological pedagogical content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 167-183. <https://doi.org/10.1039/C7RP00175D>
- Contreras, J. (2002). *Autonomia de professores*. Cortez.
- Cox, S., & Graham, C. R. (2009). Diagramming TPACK in practice: Using an elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. *TechTrends*, 53(5), 60–69. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0327-1>
- Cunha, A. M. (2021). Modelos de formação docente: Movimentos e reflexões para uma abordagem teórico-prática. *Formação@Docente*, 13(1), 150-170.

<https://www.researchgate.net/publication/358641493> MODELOS DE FORMACAO DOCENTE movimentos e reflexoes para uma abordagem teorico-pratica

- Dorfman, B.-S., Terrill, B., Patterson, K., Yarden, A., & Blonder, R. (2019). Teachers personalize videos and animations of biochemical processes: Results from a professional development workshop. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 772-786. <https://doi.org/10.1039/C9RP00057G>
- Feenberg, A. (2018). *Tecnologia, modernidade e democracia*. Inovatec Press.
- Gámez, I. E. (2014). Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI (1ª ed.). <http://www.eduteka.org/articulos/modelos-tecno-educativos>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (p. 3-17). Kluwer Academic Publishers.
- Graham, C. R. (2011). Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 57(3), 1953-1960. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.010>
- Habowski, A. C., & Conte, E. (2020). *(Re)pensar as tecnologias na educação a partir da teoria crítica*. Pimenta Cultural.
- Harris, J., & Hofer, M. (2009). Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In I. Gibson, R. Weber, K. McFerrin, R. Carlsen, & D. Willis (Eds.), *Proceedings of SITE 2009: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (p. 4087-4095). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/primary/p/31298/>
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers' professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259-1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Kafyulilo, A., Fisser, P., Pieters, J., & Voogt, J. (2015). ICT Use in Science and Mathematics Teacher Education in Tanzania: Developing Technological Pedagogical Content Knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(4), 381-399. <https://doi.org/10.14742/ajet.1240>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What Happens When Teachers Design Educational Technology? The Development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152. <https://doi.org/10.2190/oEW7-01WB-BKHL-QDYV>
- Koh, J., Chai, C., & Tay, L. (2014). TPACK-in-Action: Unpacking the contextual influences of teachers' construction of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 78, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.022>
- Leonel, A. A., Vidmar, M. P., & Pastorio, D. P. (2021). Formação para a apropriação e integração das tecnologias digitais da informação e comunicação ao ensino de física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(2), 37-44. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35167>
- Medeiros, R. C. de, Pinto, B. C. T., & Salvador, D. F. (2020). Percepção de Professores-Cursistas em Formação Continuada de Biologia Sobre a Colaboração em um Ambiente Virtual de Aprendizagem. *EaD em Foco*, 10(1), e1012. <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i1.1012>
- Mishra, P. (2019). Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76-78. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moreira, M. A. (2013). Aprendizagem significativa em mapas conceituais. *Textos de Apoio ao Professor de Física*, 24(6), 2-55. https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira.pdf

- Ng, W., & Fergusson, J. (2019). Technology-Enhanced Science Partnership Initiative: Impact on Secondary Science Teachers. *Research in Science Education*, 49(1), 219-242. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9619-1>
- Nilsson, P. (2022). From PCK to TPACK - Supporting student teachers' reflections and use of digital technologies in science teaching. *Research in Science & Technological Education*, 42(3), 553-577. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2131759>
- Oliveira, M. M. de. (2017). *Conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo na formação de professores na educação científica e tecnológica*. [Dissertação (Mestrado Profissional), Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186140>
- Penn, M., & Ramnarain, U. (2019). South African university students' attitudes towards chemistry learning in a virtually simulated learning environment. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 699-709. <https://doi.org/10.1039/C9RP00014C>
- Pereira, J. E. D. (2008). A pesquisa dos educadores como estratégia para construção de modelos críticos de formação docente. In J. E. D. Pereira & K. M. Zeichner (Orgs.), *A pesquisa na formação e no trabalho docente* (p. 11-42). Autêntica.
- Pickering, C., & Byrne, J. (2014). The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early-career researchers. *Higher Education Research & Development*, 33(3), 534-548. <https://doi.org/10.1080/07294360.2013.841651>
- Porrás-Hernández, L. H., & Salinas-Amescua, B. (2013). Strengthening TPACK: A broader notion of context and the use of teacher's narratives to reveal knowledge construction. *Journal of Educational Computing Research*, 48, 223-244. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.f>
- Rodríguez-Becerra, J., Cáceres-Jensen, L., Díaz, T., Druker, S., Padilla, V. B., Perna, J., & Aksela, M. (2020). Developing technological pedagogical science knowledge through educational computational chemistry: A case study of pre-service chemistry teachers' perceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 638-654. <https://doi.org/10.1039/C9RP00273A>
- Salica, M., Almiron, M. E., & Porro, S. (2020). Modelos de conocimiento didáctico del contenido científico y tecnológico en docentes de Química y Física. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, (48), 127-141. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12384>
- Schön, D. A. (2000). *Educando o profissional reflexivo: Um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Artmed.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Souza, A. H. S., & Salvador, D. F. (2022). Escolhas tecnológicas na elaboração de planos de ensino por licenciandos em biologia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 15(2), 1-21. <https://doi.org/10.3895/rbect.v15n2.13742>
- Stenhouse, L. (2003). *Investigación y desarrollo del currículum* (5ª ed., p. 194-221). Ediciones Morata.
- Umutlu, D. (2022). TPACK leveraged: A redesigned online educational technology course for STEM preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 104-121. <https://doi.org/10.14742/ajet.4773>