

A INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS A INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS AO ENSINO DE MATEMÁTICA: O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO TECNOLÓGICO E PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO (TPACK)

INTEGRATING DIGITAL TECHNOLOGIES IN MATHEMATICS EDUCATION: DEVELOPING TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPACK)

LA INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: EL DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO (TPACK)

Thaís Betina Slaviero¹
Stephanie Chiquinquirá Díaz-Urdaneta²
Ana Paula de Andrade Janz Elias³

Resumo

A evolução acelerada das tecnologias digitais nos últimos anos trouxe grandes avanços para as mais diferentes esferas da sociedade, além de um desafio para os professores de matemática: integrar essas tecnologias ao ensino. O Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK) é o que os professores precisam para desenvolver uma efetiva integração da tecnologia na educação. Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar, na literatura, os aspectos que envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de revisão de artigos e demais trabalhos disponíveis na plataforma Google Acadêmico. Após a aplicação de alguns critérios, foram selecionados quatro trabalhos publicados entre 2020 e 2021. Os resultados destacam que o desenvolvimento do TPACK é um processo complexo que exige tempo, experiência e qualificação do professor de matemática. Atualmente, as propostas de desenvolvimento do TPACK são mais frequentes em cursos de formação continuada na área da matemática. Dessa forma, são indicadas pesquisas futuras para o desenvolvimento do TPACK em outras áreas do conhecimento e, também, em áreas específicas voltadas ao TPACK de professores de matemática que atuam nos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio.

Palavras-chave: Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo; desenvolvimento do TPACK; professores de matemática; tecnologias digitais.

Abstract

The rapid evolution of digital technologies in recent years has brought significant advances for different contexts of society, posing a challenge for mathematics educators: integrating these technologies into teaching. The Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) is essential for teachers to achieve effective technology integration in education. This research aims to identify, through a review of articles and other available works on the Google Scholar database, the aspects related to the development of TPACK among mathematics teachers in the final years of elementary education. After applying selection criteria, four works published between 2020 and 2021 were chosen. The results underscore that the development of TPACK is a complex process that requires time, experience, and qualifications for mathematics teachers. Presently, proposals for TPACK development are more prevalent in continuing education in mathematics. Consequently, further research is necessary to foster TPACK development in other knowledge fields and in specific areas pertinent to mathematics educators working in the final years of elementary and high school.

¹Licenciada em Matemática pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Professora na rede Estadual de Educação do Estado do Rio Grande do Sul. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6133-9752>. E-mail: thaisbetina1805@gmail.com.

²Mestre em Educação Matemática pela UFPR. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8335-2022>. Contato: stephaniediazurdaneta@gmail.com

³Doutora em Educação pela PUCPR. Professora da área de Exatas do Centro Universitário Internacional Uninter. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6494-9448>. E-mail: ana.el@uninter.com

Keywords: Technological Pedagogical Content Knowledge; TPACK development; math teachers; digital technologies.

Resumen

La acelerada evolución de las tecnologías digitales (TD) en los últimos años ha traído grandes avances a los más diversos ámbitos de la sociedad y un reto para los profesores de matemáticas: integrar esas tecnologías en la enseñanza. El conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) se presenta como el conocimiento que los docentes necesitan desarrollar para una integración efectiva de la tecnología en la educación. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo identificar, en la literatura, aspectos que involucran el desarrollo del TPACK por parte de profesores de matemáticas en los últimos años de la enseñanza primaria. Para ello, se realizó una revisión de artículos y otros trabajos disponibles en la plataforma Google Académico. Después de aplicar algunos criterios, se seleccionaron para el análisis cuatro trabajos publicados entre 2020 y 2021. Los resultados destacan que el desarrollo del TPACK es un proceso complejo que requiere tiempo, experiencia y calificación del profesor de matemáticas. Actualmente, las propuestas de desarrollo del TPACK son más frecuentes en cursos de formación continua y precisamente en el área de matemáticas. Así, se indica como posibilidad para futuras investigaciones el desarrollo del TPACK en otras áreas del conocimiento y también en áreas específicas orientadas hacia el TPACK de profesores de matemáticas que actúan en los últimos años de las enseñanzas primaria y secundaria.

Palabras clave: conocimiento tecnológico pedagógico del contenido; TPACK; desarrollo de TPACK; profesores de matemáticas; tecnologías digitales.

1 Introdução

Em 2013, a pesquisadora Vani Kenski já comentava sobre as mudanças expressivas no trabalho, lazer, comunicações e nos mais diferentes espaços da sociedade. Para ela, essas mudanças estão relacionadas ao surgimento e desenvolvimento extremamente rápido das tecnologias digitais (TDs). Contudo, como Valente (2014) comenta, tais mudanças não ocorreram da mesma maneira na educação, já que é possível perceber, em 2023, que em algumas salas de aula ainda prevalecem as atividades baseadas no lápis e no papel, ou que utilizam as TDs, mantendo o conceito tradicional de ensino, conforme já identificado por Fontes *et al.* (2021).

Heidemann, Oliveira e Veit (*apud* Fontes *et al.*, 2021, p. 109) concordam com Valente, ao afirmarem que “enquanto o mundo se modificava com rapidez em decorrência do acelerado desenvolvimento tecnológico, a sala de aula pouco evoluiu, mantendo de modo geral os mesmos métodos utilizados há séculos”. Fontes *et al.* (2021) apontam que os professores tinham conhecimento de que uma mudança era iminente, pois era preciso se adequar às necessidades da sociedade atual, mas se desconhecia o real papel dos recursos tecnológicos e em qual ritmo essa mudança poderia ocorrer. Com a chegada da pandemia de covid-19, “essa mudança se tornou real, impositiva e emergencial” (Fontes *et al.*, 2021, p. 109), como percebemos em 2023, após as diversas alternativas e oportunidades que as TDs ofereceram diante desse contexto.

Foi então que alguns professores de matemática, assim como professores de outras áreas, se depararam com um grande desafio, que já estava presente antes da pandemia, mas de maneira menos emergencial: integrar as TDs ao ensino e, nesse caso específico, ao ensino de matemática. Isso porque, segundo Costa e Prado (2015), integrar não é simplesmente inserir a tecnologia na sala de aula, mas, sim, explorar de fato o que ela potencializa para o ensino e a aprendizagem de matemática. De modo geral, o desconhecimento das ferramentas tecnológicas e de suas possibilidades pode, inclusive, atrapalhar a aprendizagem mais do que ajudar (Kenski, 2013). Além disso, para integrar as tecnologias em sua prática, alguns professores “precisam de uma preparação que provavelmente não experimentaram ao aprender matemática nem ao aprender a ensinar matemática” (Niess *et al. apud* Silva, 2021, p. 11).

Conforme apontam Ribeiro e Piedade (2021), para integrar adequadamente as TDs em suas práticas os professores podem desenvolver o Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo, o TPACK. Diante de tal contexto, a presente pesquisa pretendeu responder à seguinte questão: quais aspectos envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental?

Nesse sentido, a investigação teve como objetivo geral identificar, em trabalhos já desenvolvidos e publicados na literatura existente, aspectos que envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Compreender o que é o TPACK e como esse modelo surgiu;
2. Compreender o modelo que expõe a progressão do TPACK da Matemática conforme os professores integram a tecnologia ao processo de ensino/aprendizagem da Matemática;
3. Investigar na literatura já disponível o que é citado sobre o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática.

A fim de atingir tais objetivos, realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica, na base de dados Google Acadêmico⁴, que está inserida no eixo de pesquisa Recursos de Ensino do curso de licenciatura em matemática do Centro Universitário Internacional (UNINTER).

2 Metodologia

Esta pesquisa é caracterizada como uma revisão bibliográfica, buscando verificar quais aspectos envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos

⁴ Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acesso em: 9 fev. 2022.

anos finais do ensino fundamental. As pesquisas de revisão bibliográfica, segundo Brasileiro, “são aquelas que se valem de publicações científicas em periódicos, livros, anais de congressos etc., não se dedicando à coleta de dados *in natura*” (2021, p. 80).

No segundo semestre do ano de 2022, realizou-se uma busca de artigos e demais trabalhos na plataforma Google Acadêmico, que fornece rápido acesso a um grande volume de produções científicas e, em alguns casos, a informações sobre artigos que citaram o trabalho buscado. Isso pode facilitar a busca de mais produções científicas com o mesmo viés — citando apenas um exemplo das vantagens desse banco de produções científicas. As palavras-chave utilizadas para a busca foram: “TPACK”, “Desenvolvimento do TPACK”, “Professores de Matemática” e “Tecnologias Digitais”. Foram encontrados 40 resultados, dos quais cinco estavam repetidos e foram excluídos, restando assim um total de 35 títulos.

Considerando que, desde o início de 2020, a pandemia de covid-19 promoveu uma utilização das TDs jamais antes vista na educação (Fontes *et al.*, 2021), o que tornou o modelo TPACK um foco crescente de pesquisas (Chai *et al. apud* Ribeiro; Piedade, 2021), optou-se por selecionar as pesquisas dos dois anos anteriores, ou seja, 2020 e 2021. Assim, 21 trabalhos publicados em anos anteriores a 2020 também foram excluídos, restando 14 títulos: sete artigos, quatro dissertações de mestrado e três teses de doutorado.

A partir da leitura dos títulos e resumos desses 14 trabalhos, 10 deles foram excluídos, pois não se alinhavam com o objeto do estudo, restando quatro trabalhos: dois artigos, uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado. Os critérios das exclusões são apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Trabalhos excluídos

Critério de exclusão	Quantidade de trabalhos excluídos
Publicado antes de 2020	21
Não aborda o desenvolvimento do TPACK	5
Aborda o desenvolvimento do TPACK de professores da educação infantil e dos anos iniciais do ensino fundamental	2
Aborda o desenvolvimento do TPACK de professores de outras áreas do conhecimento	1
Aborda o desenvolvimento do TPACK dentro das disciplinas de um curso de licenciatura em matemática	1
Aborda os instrumentos de avaliação do TPACK	1

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Além de esses quatro trabalhos se alinharem com o objetivo geral de identificar, com uma revisão da literatura, quais aspectos envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental, eles possibilitaram responder à questão norteadora já citada anteriormente. Uma dessas pesquisas foi desenvolvida no ano de 2020, por Fallas e Henriques, e as outras três foram desenvolvidas no ano de 2021, pelos pesquisadores Ribeiro e Piedade, Sampaio e, por fim, Silva. O próximo tópico traz detalhes sobre o que foi abordado em cada uma dessas pesquisas.

3 Revisão bibliográfica

Conforme já pontuado no item de metodologia desta pesquisa, ao todo foram inseridos quatro trabalhos para leitura integral e análise aprofundada. Eles estão indicados no quadro 2.

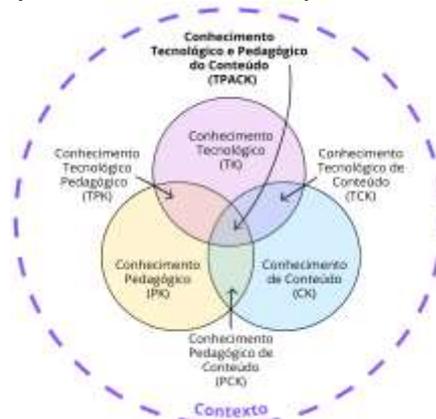
Quadro 2: Trabalhos selecionados para análise

Título	Referência
O TPACK de futuros professores de matemática numa experiência de formação	Fallas; Henriques, 2020
Revisão sistemática de estudos sobre TPACK na formação de professores no Brasil e em Portugal	Ribeiro e Piedade, 2021
Formação de professores em quadros interativos e desenvolvimento do TPACK Matemático	Sampaio, 2021
Análise metodológica da mobilização do TPACK por professores de matemática a partir das coreografias didáticas	Silva, 2021

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Nos quatro trabalhos mencionados, o modelo TPACK, proposto por Mishra e Koehler (2006), é apresentado como a interseção entre “conteúdo, pedagogia e tecnologia e a complexa interação entre esses três corpos de conhecimento e o contexto” (Sampaio, 2021, p. 22), conforme pode ser observado na figura 1.

Figura 1: O quadro TPACK e seus componentes do conhecimento



Fonte: Adaptado de tpack.org.

Mishra e Koehler apontam que “a base deste quadro teórico é o entendimento de que o ensino é uma atividade extremamente complexa que recorre a diversos tipos de conhecimentos” (2006, p. 1020, tradução nossa). A partir da figura 1, percebe-se que as interseções entre o Conhecimento de Conteúdo (CK), o Conhecimento Pedagógico (PK) e o Conhecimento Tecnológico (TK) originam na interseção central o conhecimento TPACK, mas também outros três conhecimentos de extrema importância para os professores: o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), o Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) e o Conhecimento Tecnológico Pedagógico (TPK).

De acordo com Ribeiro e Piedade (2021), o modelo TPACK surgiu acrescentando o conhecimento tecnológico ao conceito denominado Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), descrito em 1984 pelo pesquisador Lee Shulman, que “entendia que a docência, assim como qualquer outra profissão, exigia uma articulação entre o conhecimento específico (conteúdo) e a prática (instrução)” (Ribeiro; Piedade, 2021, p. 2).

Resumidamente, temos que o PCK é similar ao conhecimento descrito por Shulman (1986), que inclui o conhecimento das abordagens de ensino necessárias para o conteúdo e a organização de seus elementos para o ensino, enquanto o TCK se refere a como utilizar a tecnologia para organizar o conteúdo; as TDs dispõem, atualmente, de um leque de representações que facilitam a aprendizagem de conteúdos mais abstratos; por último, o TPK é aquele conhecimento que permite explorar as potencialidades das TDs e como elas são fundamentais na influência do resultado desse processo. Em outras palavras, o PCK

Representa a combinação de conteúdo e pedagogia em uma compreensão de como tópicos, problemas ou questões particulares são organizados, representados e adaptados aos diversos interesses e habilidades dos alunos e apresentados para instrução (Shulman, 1986, p. 8, tradução própria).

Silva (2021) define, com perguntas simples, cada um dos conhecimentos que juntos compõem o TPACK:

- CK - Qual a grande ideia do conceito *y*?
- PK - Quais os requisitos pedagógicos gerais?
- TK - Como utilizar o *software x*?
- PCK - Como ensinar/promover a aprendizagem do conceito *y*?
- TCK - Como utilizar o *software x* para representar o conceito *y*?
- TPK - Como (e por que) utilizar o *software x* para ensinar?

- TPACK - Como (e por que) utilizar o *software x* para ensinar/promover a aprendizagem do conceito *y*?

Conforme aponta Silva, cada um desses conhecimentos que compõem o TPACK “justifica uma ação do professor para a mobilização de um conhecimento específico situado pelo contexto” (2021, p. 40). Quando a autora se refere ao “conceito *y*” e ao “*software x*”, ela usa termos genéricos que se adequam a o que o professor possa precisar, facilitando a aplicabilidade do modelo para o ensino de qualquer conceito, em qualquer situação.

Segundo Sampaio (2021), desenvolver o TPACK e integrar as TDs ao ensino de matemática no contexto de sala de aula é um processo progressivo, complexo e não linear, pois os professores precisam de tempo para mudar as suas práticas letivas e, além disso, apropriar-se das TDs que estão utilizando. Isso ocorre porque, dependendo do objetivo a ser atingido em sala de aula, convém utilizar uma determinada tecnologia e não outra. Niess *et al.* “propõem um modelo que expõe a progressão do TPACK da Matemática conforme os professores integram a tecnologia ao processo de ensino/aprendizagem da Matemática” (*apud* Sampaio, 2021, p. 84). Esse modelo é composto por cinco etapas, sendo possível aceitar ou rejeitar uma inovação para o ensino de matemática com o uso das TDs:

1. Reconhecimento (conhecimento): os professores são capazes de usar a tecnologia e reconhecer o alinhamento dela com o conteúdo da matemática, mas ainda não integram a tecnologia no ensino e aprendizagem da matemática.
2. Aceitação (persuasão): os professores formam uma atitude favorável ou desfavorável para o ensino e aprendizagem da matemática com uma tecnologia apropriada.
3. Adaptação (decisão): os professores se envolvem em atividades que conduzem a uma escolha para aprovar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da matemática com uma tecnologia adequada.
4. Exploração (execução): os professores integram ativamente o ensino e a aprendizagem da matemática com uma tecnologia apropriada.
5. Avanço (confirmação): os professores avaliam os resultados da decisão de integrar o ensino e a aprendizagem da matemática com uma tecnologia apropriada.

Tendo isso em vista, a pesquisa de Ribeiro e Piedade (2021) apresenta algumas propostas para o desenvolvimento do TPACK na formação inicial e continuada de professores de matemática. Apesar de o foco deste trabalho não ser a formação de professores, é pertinente apresentar essas propostas, já que elas evidenciam como os professores podem se capacitar para desenvolver o TPACK. As propostas são descritas com mais detalhes no quadro 3.

Quadro 3: Propostas de desenvolvimento do TPACK

Proposta
Curso autônomo de tecnologia educacional: curso básico de conhecimento tecnológico (TK) oferecido aos futuros professores e isolado das demais disciplinas de sua graduação, com o objetivo de promover habilidades e confiança para o uso das tecnologias em sala de aula.
Estratégias de formação inseridas dentro de uma disciplina de educação tecnológica ou dentro de uma disciplina de didática ou metodologia: esse modelo apresenta quatro abordagens: design instrucional; desenvolvimento de caso baseado em TPACK; reflexão e experiência de campo.
Estratégias instrucionais implementadas durante todo o programa de formação de professores: há um substancial ganho de qualidade dos domínios TPACK com a utilização dessas estratégias, porém, a cada ano de formação, esses conhecimentos costumam perder-se, tornando necessário o espaçamento da instrução e a retomada dos conceitos até o término do curso.
Design instrucional colaborativo: desenho de um projeto educacional, unidade curricular ou curso que será depois testado por um pequeno grupo de professores com diferentes formações e conhecimentos sobre tecnologia educacional.
Método focado em PCK: análise de práticas docentes que recorram à utilização pedagógica de ferramentas digitais no contexto específico das áreas curriculares.
Método focado em TPK: análise e avaliação das potencialidades pedagógicas das ferramentas digitais, observando a sua possível utilização em sala de aula para potencializar o trabalho de professores e alunos, seus pontos fortes e limitações, e a sua adequação à determinada área curricular.
Método reflexivo: diferente dos anteriores, tem um foco mais individual sobre cada professor e seu contexto, buscando identificar quais são as suas necessidades de aprendizagem dentro dos domínios TPACK, bem como os avanços decorrentes da instrução do método.
Métodos baseados em problemas: os professores são divididos em pequenos grupos para discussão de problemas que encontram em suas práticas diárias em sala de aula. Juntos, selecionam problemas para discussão de soluções, implementam-nas e refletem sobre os seus resultados. Todo o processo é compartilhado com os demais integrantes do curso de formação.
Métodos de aprendizagem adaptativa: semelhantes ao método reflexivo, buscam criar perfis TPACK individualizados dos professores e recomendações para melhoria contínua das suas habilidades. A diferença está na utilização de instrumentos de captação de dados desenhados especificamente para sistematizar essas informações, gerando um diagnóstico sobre suas principais dificuldades e caminhos para superá-las.
Métodos de planejamento instrucionais: nesses métodos, o professor estará, por consequência, desenvolvendo seus domínios TPACK quando planeja uma unidade curricular/tema específico, considerando seus objetivos, conceitos mais importantes e principais dificuldades dos alunos, para, então, selecionar as ferramentas digitais necessárias para facilitar o aprendizado.

Fonte: Adaptado de Ribeiro e Piedade (2021).

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, Ribeiro e Piedade (2021) constataram justamente na área curricular da matemática a prevalência dessas propostas nos cursos de formação continuada. Uma pequena parcela das publicações analisadas pelos autores apresentou programas tanto na formação continuada quanto na formação inicial. Isso se deve ao fato de que o tema “ensino com tecnologia” surgiu primeiro nas especializações e linhas de pesquisa de mestrado e doutorado no Brasil como algo a mais na formação dos professores,

quando na verdade tem um papel fundamental na prática docente. Por isso, a temática também vem sendo abordada recentemente nos currículos de formação inicial.

As propostas encontradas na formação inicial foram o “Curso autônomo de tecnologia educacional” e as “Estratégias de formação inseridas dentro de uma disciplina”. Contudo, conforme Tondeur *et al.*, 2012, Sutton, 2011 e Graziano, 2018 (*apud* Ribeiro, 2022, p. 25), “vários estudos vêm apontando a permanência de dificuldades para integrar as tecnologias ao TPACK e ao currículo” com a utilização da primeira proposta. Enquanto isso, uma das quatro abordagens inseridas na segunda proposta se mostra interessante, “Desenvolvimento de caso baseado em TPACK”. De acordo com o autor, nessa abordagem:

Os participantes fazem um levantamento sobre as principais tecnologias educacionais de sua área; criam lições/aulas com as tecnologias selecionadas; colocam-nas em prática; e, por fim, desenvolvem um relato de caso sobre este passo a passo, incluindo uma reflexão final (Ribeiro, 2022, p. 25).

Já na formação continuada, a abordagem mais utilizada é o “Método focado em TPK”, no qual, segundo Ribeiro e Piedade (2021, p. 19), “primeiro, a ferramenta tecnológica é proposta para, então, os professores criarem estratégias para integrá-la em sua prática”. No ano de 2022, Ribeiro descreveu uma estratégia associada a esse método denominada *Technology mapping*, na qual o professor precisa considerar quatro fatores para selecionar uma ferramenta digital apropriada para a sala de aula:

1. O contexto escolar em que está inserido.
2. As dificuldades de seus alunos.
3. As suas próprias dificuldades em tornar o conteúdo mais facilmente compreensível.
4. A forma como os recursos da ferramenta integram pedagogia e conteúdo.

Além dessas propostas, Ribeiro e Piedade (2021) encontraram combinações do “Método TPK” com o “Método PCK” e com o “Design Instrucional Colaborativo” nas publicações que analisaram. As demais abordagens mencionadas no Quadro 2 não foram encontradas pelos autores. É importante destacar novamente que, apesar do foco deste artigo não ser a formação de professores, percebe-se que essas informações são relevantes para a compreensão do contexto das propostas citadas.

A pesquisa de Fallas e Henriques (2020) reforça o que foi constatado mais tarde, em 2021, por Ribeiro e Piedade, ao apontar que os programas de formação inicial devem ser repensados para assegurar que os futuros professores desenvolvam o TPACK. Os pesquisadores analisaram o TPACK que seis futuras professoras de matemática evidenciaram ao longo de uma experiência de formação. A atividade estava centrada em tarefas que promoveram, de modo

integrado, a articulação do conhecimento didático e tecnológico, uma abordagem semelhante ao “Método TPK”. Esse estudo foi realizado dentro da disciplina de Didática da Matemática de um curso de Mestrado em Ensino de Matemática, que habilita os alunos a se tornarem professores de matemática em Portugal.

A partir desse estudo, os pesquisadores verificaram que o desenvolvimento do TPACK das futuras professoras resultou da articulação de múltiplos domínios do conhecimento profissional e que a falta de experiência em sala de aula pode gerar limitações na articulação dos conhecimentos que compõem o TPACK. Isso pode ser possível porque, embora nos cursos de formação se aprenda teoricamente os conceitos e as formas de ensinar, é a prática nas escolas o que define como desenvolver o conhecimento pedagógico do conteúdo.

Nesse sentido, Ribeiro e Piedade (2021, p. 21) também apontam que “a pouca experiência dos futuros professores em sala de aula interferiu no planejamento eficaz de estratégias de ensino com tecnologia integrada”. Segundo Wang, Schmidt-Crawford e Jin (2018 *apud* Ribeiro; Piedade, 2021, p. 21), “os domínios TK, PK e CK são facilmente detectados e podem se desenvolver ao longo da formação inicial, em oposição aos domínios PCK, TCK e TPK, os quais não adquirem avanços ou não são identificados nos estudos com licenciandos”. De qualquer forma, o uso de diversas tecnologias durante a formação dos estudantes é o ponto de partida para a solidificação de seu conhecimento tecnológico. Isso é necessário para que possam articulá-lo com facilidade aos conhecimentos didáticos e de conteúdo, respondendo às atuais exigências e desafios da educação.

Por sua vez, o trabalho de Sampaio (2021) busca analisar se os professores de matemática podem desenvolver o TPACK por meio de uma formação contínua em uma ferramenta educativa específica, no caso, nos quadros interativos (QI). Quinze professores de matemática que lecionam em uma mesma instituição de ensino portuguesa participaram de formações propostas por profissionais qualificados ao longo de alguns meses. Durante esse período, e até mesmo meses e anos após a sua realização, os docentes responderam a questionários on-line elaborados pela pesquisadora.

Com base nos dados obtidos, a pesquisadora constatou que as formações tiveram efeito, que houve alteração nas práticas letivas dos professores de matemática, além de melhorias significativas no conhecimento tecnológico dos docentes. Contudo, o estudo comprovou que os professores precisam de tempo para mudar suas práticas, de forma que ainda existe um longo caminho a percorrer para o desenvolvimento efetivo do TPACK matemático. Além disso, a autora apresenta em seu trabalho a importância de avaliar o TPACK desenvolvido pelos

professores; por isso, ela desenvolveu e validou um questionário para avaliar os conhecimentos dos professores associados ao TPACK matemático.

Por fim, o trabalho de Silva (2021) investiga como os professores de matemática mobilizam o TPACK no planejamento do ensino com TDs, segundo os pressupostos das coreografias didáticas, ou seja, planejando as ações sempre com foco no aprendizado do educando. Para isso, foram analisados planos de aula produzidos por quatro professores de matemática da educação básica dos níveis fundamental e médio da rede pública, todos utilizando uma TD para abordar um conteúdo matemático de escolha pessoal. Além disso, todos os professores participaram de uma entrevista realizada por meio de formulário eletrônico.

Nessa pesquisa, a autora verificou que o docente pode mobilizar diferentes aspectos do TPACK por todos os momentos percebidos em seu planejamento, sem definir, contudo, um conteúdo matemático e uma TD específica para a elaboração dos planos. Constatou-se que não existiram elementos suficientes para caracterizar o TPACK dos professores de forma precisa. Ademais, ficou evidente a dificuldade dos professores em estabelecer objetivos de aprendizagem bem definidos. Isso ocorreu justamente por estes não estarem relacionados conveniente e adequadamente à sua promoção a partir da ação do estudante.

De acordo com as pesquisas analisadas, percebe-se que a tarefa de ensinar se tornou muito mais complexa com o advento das TDs. Tanto é verdade que o PCK proposto por Lee Shulman, em 1984, era composto por apenas três conhecimentos: CK, PK e a interseção entre eles. Aliás, os autores do TPACK sinalizam que os professores sempre têm trabalhado com tecnologias, só que, na época de Shulman, elas eram “invisíveis”, tomando-as óbvias nas salas de aula. As mudanças e evoluções fornecidas pelas TDs demandaram mais atenção ao conhecimento tecnológico, assim o TK foi acrescentado ao modelo. Sabe-se que pelo menos sete conhecimentos são indispensáveis aos professores que atuam em sala de aula de maneira consciente quanto à relevância do uso de tecnologias: CK, PK, TK, PCK, TPK, TCK e o TPACK.

Desenvolver plenamente todos esses conhecimentos não é um processo imediato, pois demanda tempo para o cumprimento de algumas etapas importantes: a aceitação das tecnologias digitais como um recurso significativo dentro da sala de aula e a compreensão de sua influência diante da produção do conhecimento pelos estudantes. Até porque, como Sampaio afirma:

Muitos professores formaram-se numa altura em que a tecnologia educacional se encontrava numa fase de desenvolvimento muito diferente da de hoje, considerando-se pouco preparados para usar a tecnologia na sala de aula e até não apreciando o seu valor ou relevância para o ensino e a aprendizagem (Sampaio, 2021, p. 27).

De qualquer modo, desenvolver o TPACK é um processo possível, tanto em cursos de formação inicial como em cursos de formação continuada. Os métodos utilizados podem ser os mais variados, tendo foco em uma tecnologia específica, por exemplo nos QI, ou mesmo no aprendizado do educando. Ainda conforme Sampaio (2021, p. 28), o “desenvolvimento do TPACK torna-se mais eficiente quando é considerado um todo complexo, não rígido, ao invés de quando descrito de forma isolada a partir de técnicas para desenvolvê-lo”. Ou seja, não há e nem poderia haver uma receita pronta, afinal, cada professor precisa reunir seus conhecimentos sobre conteúdos pedagógicos e tecnológicos e aplicá-los dentro de um contexto específico.

4 Considerações finais

O objetivo geral deste artigo era identificar os aspectos que envolvem o desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental. Com a pesquisa realizada, foram encontrados diferentes elementos que compreendem esse desenvolvimento, ainda que não sejam direcionados especificamente aos professores de matemática do ensino fundamental.

A busca pelos artigos e demais trabalhos na base de dados Google Acadêmico demonstrou que, apesar de o modelo TPACK ter surgido em 2006, ainda há uma escassez de pesquisas sobre o tema na área da matemática, pelo menos no contexto brasileiro — foram encontrados apenas 35 trabalhos. A verdade é que Mishra e Koehler (2006) desenvolveram o modelo TPACK nos Estados Unidos, em uma época em que no Brasil muitas pessoas não tinham computadores e o acesso à internet era reduzido, ainda mais nas escolas.

Nessa época, foi formulada a teoria de Humanos-com-mídias, de Borba e Villarreal (2005), que já sinalizavam o diferencial das tecnologias digitais na matemática e na educação matemática. Porém, o contexto da pandemia tornou mais necessária a apropriação de um modelo que ajudasse a compreender o que os teóricos já comentam há quase 20 anos. Atualmente, com a imensa gama de dispositivos e *softwares* disponíveis, torna-se possível explorar cada vez mais o tema.

Além disso, foi possível concluir que a experiência do professor de matemática em sala de aula é algo importante para o desenvolvimento pleno do TPACK. Isso porque o TPACK é composto pela interação entre conteúdo, pedagogia, tecnologia e o contexto no qual os alunos estão inseridos. Sem conhecer como se dá a aprendizagem dos alunos, fica difícil elaborar atividades que de fato integrem as TDs em sala de aula, já que o contexto não é conhecido em sua totalidade.

Somado a isso, sabe-se que o ensino com tecnologia e o desenvolvimento do TPACK vem sendo abordado recentemente nos currículos de formação inicial dos professores, em um período em que poucos possuem experiência em sala de aula. Portanto, um professor que deseja desenvolver o TPACK para integrar de fato as tecnologias à sala de aula e, com isso, tornar o aprendizado dos alunos mais interessante não pode renunciar à formação continuada. O ideal seria que os futuros professores estivessem nas salas de aulas desde o início dos seus estudos, assim como os futuros médicos estão nos hospitais desde cedo. A tendência é que as tecnologias digitais continuem evoluindo rapidamente e que alternativas comecem a aparecer no ensino-aprendizagem, de forma que o professor precise estar constantemente se atualizando e buscando novos conhecimentos.

Conforme a pesquisa demonstrou, existem propostas na literatura para o desenvolvimento do TPACK, porém poucas delas foram utilizadas nos cursos de formação mencionados nas publicações analisadas. Dessa forma, experiências de formação utilizando métodos como os “Métodos baseados em problemas” ou os “Métodos de planejamento instrucionais” são indicadas em pesquisas futuras, para verificar quais produzem os melhores resultados, considerando as características de cada contexto.

Por fim, conforme mencionado no início deste tópico, não foram encontradas pesquisas específicas voltadas ao desenvolvimento do TPACK por parte dos professores de matemática dos anos finais do ensino fundamental ou mesmo do ensino médio. Abre-se, portanto, a possibilidade para novas pesquisas também nessas áreas.

Referências

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans – with – media and the reorganization of mathematical thinking**: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. New York: Springer, 2005.

BRASILEIRO, A. M. M. **Como produzir textos acadêmicos e científicos**. São Paulo: Contexto, 2021.

COSTA, N. M. L.; PRADO, M. E. B. B. A Integração das Tecnologias Digitais ao Ensino de Matemática: desafio constante no cotidiano escolar do professor. **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 16, p. 99-120, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1392>. Acesso em: 25 jan. 2022.

FALLAS, L. F. G.; HENRIQUES, A. O TPACK de futuros professores de matemática numa experiência de formação. **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, v. 23, n. 2, p. 175-202, 2020. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-24362020000200175&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 12 fev. 2022.

FONTES, A. S. *et al.* Formação continuada sobre TDIC em época de pandemia: algumas reflexões. **Formação Docente**, v. 13, n. 1, p. 108-119, 2021. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/fdc/article/view/2215>. Acesso em: 15 jul. 2022.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e tempo docente**. Campinas: Papyrus, 2013.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. Disponível em: http://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA_PUNYA.pdf. Acesso em: 7 ago. 2022.

RIBEIRO, P. R. L. **O modelo TPACK na formação de Professores para atuarem em Educação a Distância**. 2022. 145 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade de Lisboa, Lisboa, 2022. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/52626/1/ulfpie056733_tm.pdf. Acesso em: 8 nov. 2022.

RIBEIRO, P. R. L.; PIEDADE, J. M. N. Revisão sistemática de estudos sobre TPACK na formação de professores no Brasil e em Portugal. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 59, n. 59, p. 1-26, jan./mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21680/1981-1802.2021v59n59ID24458>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/24458/14465>. Acesso em: 29 jan. 2022.

SAMPAIO, P. A. S. R. **Formação de professores em quadros interativos e desenvolvimento do TPACK Matemático**. 2021. 245 f. Tese (Doutorado em Ciências da Educação) — Universidade do Minho, Portugal, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Sampaio-4/publication/357914298_Formacao_de_professores_em_quadros_interativos_e_desenvolvimento_do_TPACK_Matematico/links/61e752a7dafcdb25fd36a308/Formacao-de-professores-em-quadros-interativos-e-desenvolvimento-do-TPACK-Matematico.pdf. Acesso em: 12 fev. 2022.

SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986. Disponível em: <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SILVA, A. G. P. **Análise metodológica da mobilização do TPACK por professores de matemática a partir das coreografias didáticas**. 2021. 138 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/41524>. Acesso em: 29 jan. 2022.

VALENTE, J. A. A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação. **Revista UNIFESO – Humanas e Sociais**, v. 1, n. 1, p. 141-166, 2014. Disponível em: <https://www.unifeso.edu.br/revista/index.php/revistaunifesohumanasesociais/article/view/17/24>. Acesso em: 25 jan. 2022.