

Da resolução de caso à autorreflexão: contribuições da metacognição para a integração do TPACK

From Case Resolution to Self-Reflection: Contributions of Metacognition
to the Integration of TPACK

Everton Bedin¹

Resumo

Este estudo analisou como processos metacognitivos contribuem para a compreensão crítica das bases iniciais do modelo TPACK - Conhecimento de Conteúdo (CC), Conhecimento Pedagógico (CP) e Conhecimento Tecnológico (CT) - na formação docente em química. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, configurou-se como estudo de caso com 20 pós-graduandos de um programa de Educação em Ciências e em Matemática de uma universidade pública. Os dados foram constituídos a partir de respostas a questões metacognitivas elaboradas após a resolução do caso, sendo tratados por meio da Análise de Conteúdo. Os resultados revelaram três categorias: i) estratégias de comunicação e mediação (CP); ii) critérios de seleção tecnológica e reflexão (CT); e, iii) reconhecimento de lacunas e busca colaborativa (CC). A discussão evidenciou que a metacognição atua como eixo transversal do TPACK, favorecendo autorregulação, criticidade e aprendizagem colaborativa.

Palavras-chave: metacognição; TPACK; formação docente; análise de conteúdo.

Abstract

This study analyzed how metacognitive processes contribute to the critical understanding of the initial bases of the TPACK model - Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK), and Technological Knowledge (TK) - in teacher education in chemistry. The research, applied in nature and qualitative in approach, was designed as a case study with 20 graduate students enrolled in a Science and Mathematics Education program at a public university. Data were generated from responses to metacognitive questions elaborated after the case resolution and analyzed through Content Analysis. The results revealed three categories: i) communication and mediation strategies (PK); ii) criteria for technological selection and reflection (TK); and, iii) recognition of gaps and collaborative search (CK). The discussion highlighted that metacognition functions as a transversal axis of TPACK, fostering self-regulation, criticality, and collaborative learning.

Keywords: metacognition; TPACK; teacher education; content analysis.

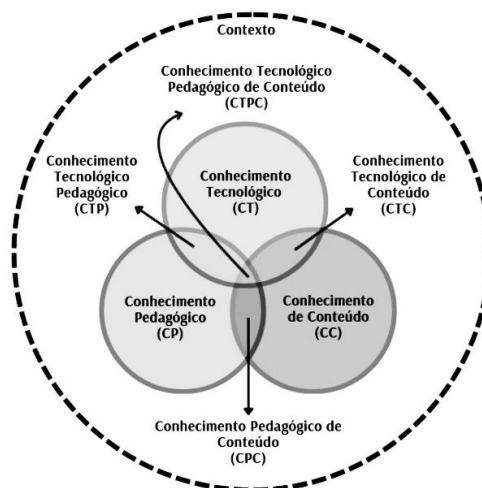
¹ Universidade Federal do Paraná | bedin.everton@gmail.com

Introdução

No contexto atual da formação de professores de química, emerge o desafio de formar docentes capazes de autorefletir de maneira crítica e ativa sobre a capacidade de integrar efetivamente os Conhecimentos de Conteúdo (CC), Pedagógico (CP) e Tecnológico (CT). Apesar de o modelo TPACK – *Technological Pedagogical Content Knowledge* – oferecer uma estrutura para compreender o entrelaçamento desses saberes (Mishra; Koehler, 2006), uma dimensão frequentemente subestimada nesse processo é a metacognição: ensinar o professor a pensar sobre seu próprio pensar, sobretudo após enfrentar situações complexas, como a resolução de casos práticos. Esse exercício autoreflexivo, ao atuar como catalisador da integração eficiente dos conhecimentos, favorece uma articulação mais significativa e vivencial entre os diferentes conhecimentos do TPACK (Bedin, 2025).

Além do entrelaçamento inicial entre CC, CP e CT, o modelo TPACK compreende ainda intersecções intermediárias, como o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC), o Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (CTC) e o Conhecimento Tecnológico Pedagógico (CTP), cuja integração culmina na configuração do TPACK (Blonder; Rap, 2017; Carpendale; Delaney; Rochette, 2020), conforme Figura 1.

Figura 1: As bases de conhecimento do modelo TPACK



Fonte: o autor, adaptado de Mishra e Koehler (2006)

Os professores de química lidam diariamente com dilemas específicos, articulando conceitos abstratos, procedimentos laboratoriais e representações complexas (como equilíbrio químico ou visualização molecular), que exigem mediações didáticas cuidadosas e, frequentemente, apoio tecnológico. No TPACK, o que se evidencia são precisamente essas escolhas – calibradas pelo conhecimento químico, mas mediadas por decisões pedagógicas e pela utilização de recursos tecnológicos (Blonder et al., 2013; Bedin; Morais, 2024). Ao inserir a metacognição de forma explícita durante e após o planejamento, o docente identifica o que pretende ensinar, mas, sobretudo, compreende como e por que optou por determinado caminho, reconhecendo oportunidades de ajuste e refinamento (Veenman; Van Hout-Wolters; Afflerbach, 2006). Afinal, como lembra Pintrich (2002), o conhecimento metacognitivo envolve a consciência sobre as estratégias de aprendizagem, bem como a capacidade de monitorar quando e por que utilizá-las.

Essa prática reflexiva ganha contornos ainda mais relevantes na formação inicial e continuada, pois professores em início de carreira tendem a operar dentro de zonas de conforto metodológicas e tecnológicas limitadas. Logo, a metacognição constitui, além de um recurso de autorregulação, um processo de formação docente que contribui para ressignificar a prática pedagógica (Brabo, 2018). Ao questionar, de maneira metacognitiva, suas próprias decisões - por exemplo: "Por que escolhi esta simulação? Ela favoreceu a compreensão do conceito X?" - o professor assume uma postura de cientista-professor, testando hipóteses pedagógicas e tecnológicas, monitorando efeitos e reformulando estratégias. Esta abordagem não, além de fortalecer as bases do TPACK, promove a construção de uma identidade profissional investigativa e crítica.

É importante salientar, porém, que a simples execução de um exercício metacognitivo não garante transformação significativa; sem mediação reflexiva, o docente pode repetir rotinas sem integrar de fato o CC, o CP e o CT. A proposição de momentos metacognitivos deliberados - questionando-se durante e após o planejamento sobre evidências de aprendizagem, limitações de recursos digitais e alternativas pedagógicas - funciona como freio e espelho, tensionando o professor a revisar e aprimorar suas decisões (Schraw; Moshman, 1995; Bedin; Morais, 2024). Esse processo constitui o cerne da autoreflexão que se pretende estimular na formação docente.

Nesse contexto, a introdução da metacognição como dispositivo formativo revela-se inovadora e transformadora, deslocando o foco da mera aquisição fragmentada dos componentes do TPACK para uma integração consciente e reconfigurável. Na disciplina de química, por exemplo, esta abordagem se mostra particularmente próspera para lidar com conteúdos complexos, metodologias laboratoriais e inovações tecnológicas, cuja efetividade se maximiza quando pensadas de forma crítica e interconectada.

Diante do exposto, surge a questão: de que forma as reflexões docentes, desencadeadas intencionalmente em um processo formativo, caracterizado pela resolução de um caso sobre química, contribuem para materializar de forma integrativa as bases iniciais do TPACK? O processo formativo, entendido como uma situação prática realística e contextualizada, demanda decisões sobre o conteúdo químico (CC), os métodos de ensino mais adequados (CP) e os recursos tecnológicos que podem viabilizar ou ampliar a compreensão do fenômeno (CT). Ao refletir posteriormente sobre as escolhas - identificando o que funcionou, o que apresentou limitações e de que maneira ajustar estratégias - o professor acessa um espaço metacognitivo capaz de reconfigurar sua competência integrada.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar as reflexões de pós-graduandos em relação a um processo formativo que promoveu a autorreflexão pós-caso, como estratégia formativa para catalisar a compreensão crítica das três bases iniciais do modelo TPACK no desenvolvimento profissional docente. Este objetivo se justifica ao considerar que a autoreflexão no exercício formativo se apresenta como elemento central na potencialização do TPACK.

Aportes teóricos

O modelo TPACK, formulado por Mishra e Koehler (2006), consolidou-se como uma referência central para compreender a integração entre conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo na formação docente. Apesar disso, críticas recentes apontam

que o modelo, quando interpretado de forma meramente estrutural, tende a reduzir a complexidade do processo formativo a uma sobreposição de componentes discretos, sem dar conta dos mecanismos cognitivos e reflexivos que efetivamente articulam esses saberes na prática docente (Voogt et al., 2013). Nesse sentido, a metacognição surge como elemento estratégico, pois permite ao professor pensar sobre os seus próprios processos de ensino e aprendizagem, monitorar suas escolhas e avaliar criticamente como o CC, o CP e o CT se combinam em situações reais de ensino (Pintrich, 2002; Schraw; Moshman, 1995).

A integração entre CC, CP e CT só se efetiva de maneira genuína quando o professor possui domínio sólido de cada uma dessas dimensões individualmente. O CC garante que o docente compreenda profundamente os conceitos e estruturas da disciplina; o CP fornece as estratégias e métodos necessários para mediar a aprendizagem; e, o CT possibilita o uso eficaz de ferramentas que ampliam e potencializam a compreensão (Blonder; Rap, 2017; Carpendale; Delaney; Rochette, 2020). Sem a base individual de cada conhecimento, qualquer tentativa de integração tende a ser superficial, limitada a sobreposições casuais, incapaz de gerar práticas verdadeiramente inovadoras ou significativas para os alunos. O domínio prévio de cada conhecimento é, portanto, condição necessária para que a fusão produza efeitos transformadores na prática docente.

Quando a integração efetiva ocorre, ela não é a soma dos díspares conhecimentos, mas a emergência de novos conhecimentos que resultam da interação entre eles. A fusão cria um espaço de remodulação, no qual o conhecimento tecnológico pode reconfigurar a maneira de aprender determinado conteúdo (CTC), ou onde estratégias pedagógicas promovem insights sobre formas de explorar recursos tecnológicos de maneira criativa (CTP). Cada dimensão se enriquece mutuamente, gerando uma forma de conhecimento que transcende os componentes isolados e permite ao professor desenvolver novas soluções pedagógicas, ajustadas ao contexto de aprendizagem. Esse processo evidencia que o TPACK não é um acréscimo de conhecimentos distintos, mas uma rede dinâmica de saberes interdependentes, na qual a integração consciente produz resultados qualitativamente novos e enriquecedores para a prática docente.

Bedin (2025) aprofunda essa perspectiva ao propor a metacognição como uma base transversal ao TPACK, deslocando o foco do acúmulo fragmentado de conhecimentos para a capacidade reflexiva de articulá-los de forma dinâmica. Corroborando, Veenman, Van Hout-Wolters e Afflerbach (2006), argumentam que a metacognição não pode ser considerada uma habilidade acessória, mas um pré-requisito para que os processos de aprendizagem e ensino se tornem efetivos. Neste campo, não é suficiente que o docente domine recursos tecnológicos, estratégias pedagógicas ou conceitos disciplinares de maneira integrativa; é crucial que ele seja capaz de interrogar suas decisões de entrelaçamento, avaliar sua efetividade e reconfigurar seu repertório quando necessário (Bedin, 2025). Essa concepção se aproxima dos estudos clássicos sobre autorregulação da aprendizagem de Zimmerman (2002), nos quais o ciclo de planejamento, monitoramento e avaliação constitui o núcleo da aprendizagem autorreflexiva.

A metacognição, entendida como conhecimento e controle sobre os próprios processos cognitivos (Schraw; Dennison, 1994), revela-se, portanto, a chave para que as bases do TPACK se materializem em práticas pedagógicas significativas. Portanto, destaca-se que as habilidades e estratégias de metacognição podem ser compreendidas a partir de três dimensões principais: i) conhecimento declarativo, que se refere ao que o sujeito sabe sobre a própria aprendizagem e suas habilidades cognitivas; ii) conhecimento processual,

que diz respeito a como utilizar determinadas estratégias de aprendizagem; e, iii) conhecimento condicional, que envolve a consciência de quando e por que aplicar cada estratégia em situações específicas (Schraw; Dennison, 1994; Flavell, 1979).

Complementarmente, as estratégias de regulação representam ações que permitem ao aprendiz gerir e monitorar seus processos cognitivos. Elas abrangem o planejamento, que envolve a definição de objetivos e metas; a gestão da informação, voltada à organização do conteúdo; o monitoramento, relacionado à autoavaliação da aprendizagem; a depuração, que consiste em estratégias de correção de erros; e, a avaliação, referente à análise da eficácia das estratégias utilizadas (Zimmerman, 2002).

A articulação entre habilidades metacognitivas e estratégias de regulação potencializa a consciência e o controle sobre a aprendizagem (Cleophas; Francisco, 2018), configurando-se como um elemento central para a formação docente no contexto das tecnologias digitais. No ensino de química, por exemplo, quando o professor decide empregar uma simulação digital para trabalhar o conceito de equilíbrio químico, não basta dominar tecnicamente o recurso (CT) ou selecionar uma estratégia pedagógica coerente (CP). O que dá densidade crítica à sua prática é a capacidade metacognitiva de avaliar se o recurso promove uma compreensão conceitual robusta (CC) ou apenas uma observação superficial do fenômeno.

Nessa perspectiva, a metacognição atua como eixo articulador do TPACK, capaz de transformar potenciais pedagógicos em práticas mais críticas, contextualizadas e significativas no ensino de química. Esta ação é extremamente necessária porque, como destacam Blonder e Rap (2017), mesmo quando os professores reconhecem a relevância do TPACK, sua autoconfiança em integrar tecnologia e pedagogia à química ainda se mostra limitada, revelando a necessidade de práticas formativas mais reflexivas. Assim, a inserção de dispositivos metacognitivos contribui para ampliar a consciência docente sobre suas escolhas, permitindo que a integração entre conteúdo, pedagogia e tecnologia seja continuamente avaliada e ressignificada.

Blonder et al. (2013) demonstram que o uso de ferramentas digitais, como vídeos e simulações, só fortalece a autoconfiança docente quando acompanhado de reflexão crítica sobre seu papel pedagógico, e não apenas técnico. Do mesmo modo, Veenman, Van Hout-Wolters e Afflerbach (2006) defendem que a metacognição constitui um pré-requisito para a aprendizagem efetiva, ao favorecer monitoramento e regulação dos processos cognitivos. Portanto, ao atravessar o TPACK com práticas autorreflexivas, a metacognição potencializa a apropriação do modelo, bem como promove uma docência mais autônoma, investigativa e crítica, indispensável para os desafios contemporâneos do ensino de química.

Estudos internacionais sobre desenvolvimento docente reforçam essa abordagem. Desimone (2009) destaca que programas formativos ativos vão além da transmissão de estratégias, estimulando a reflexão crítica sobre a prática, de modo a fortalecer a capacidade de adaptação e integração de conhecimentos. Essa perspectiva converge com a proposição de Bedin (2025), que sugere que a metacognição não é uma dimensão adicional do TPACK, mas o elemento que dá vitalidade às três bases originais, tornando possível sua aplicação consciente e situacionalmente ajustada. Esse movimento se desprende as outras bases, até culminar no TPACK.

No âmbito específico do ensino de química, essa articulação assume relevância ainda maior. O professor enfrenta conceitos abstratos, múltiplas representações e tecnologias emergentes de simulação e visualização molecular, cujo uso acrítico pode reduzir as ferramentas a simples recursos ilustrativos (Blonder et al., 2013). A ativação de processos

metacognitivos, por outro lado, permite que o docente analise como o recurso digital impacta a compreensão conceitual, ajuste sua abordagem pedagógica e configure condições mais favoráveis à aprendizagem. Assim, o TPACK deixa de ser apenas um arcabouço teórico, transformando-se em prática docente intencional, reflexiva e eficaz.

Portanto, ao articular o modelo de Mishra e Koehler (2006) com as contribuições de Zimmerman (2002), Schraw e Dennison (1994), Voogt et al. (2013) e Desimone (2009), reforça-se a proposição de Bedin (2025): a formação docente em química deve integrar a metacognição como uma condição essencial para o desenvolvimento profissional crítico docente à luz do TPACK. Afinal, entende-se que a integração consciente entre CC, CP e CT não se realiza automaticamente, mas depende de processos reflexivos que permitam ao professor compreender, avaliar e reconfigurar sua prática pedagógica, constituindo assim um avanço teórico e prático relevante para a formação docente do século XXI.

Para evidenciar de maneira sintética as diferenças entre a abordagem tradicional do TPACK e a perspectiva mediada pela metacognição, especialmente no que se refere às bases iniciais - CC, CP e CT -, apresenta-se o Quadro 1. Nele, comparou-se o TPACK sem inserção explícita de reflexão metacognitiva com o TPACK enriquecido por processos autorreflexivos, destacando como a metacognição transforma a integração dos conhecimentos e, sobretudo, a postura do professor, o uso das tecnologias, a aprendizagem docente e os resultados formativos.

Quadro 1: Comparativo - TPACK sem metacognição vs. TPACK com metacognição

Dimensão	TPACK sem metacognição	TPACK com metacognição
Integração dos saberes	CC, CP e CT tratados como elementos separados que precisam ser combinados, muitas vezes de forma mecânica ou prescritiva.	CC, CP e CT articulados de forma dinâmica, com reflexões constantes sobre como e por que se integram em contextos de ensino e aprendizagem.
Postura docente	Professor atua como executor de estratégias e recursos aprendidos, sem questionar a efetividade de suas escolhas.	Professor assume papel reflexivo, avaliando criticamente suas decisões e reconfigurando práticas conforme a aprendizagem observada.
Uso das tecnologias	Predominância de abordagem instrumental ou ilustrativa, limitada à reprodução de conteúdos.	Uso intencional e crítico das TDIC, considerando se elas realmente potencializam a compreensão conceitual dos fenômenos químicos.
Aprendizagem do professor	Ênfase na aquisição de saberes isolados: dominar ferramentas, metodologias ou conteúdos separadamente.	Aprendizagem autorregulada: planejar, monitorar e avaliar continuamente a integração de CC, CP e CT em situações concretas de ensino.
Resultados formativos	Integração parcial e superficial do TPACK, com risco de fragmentação entre as bases iniciais.	Desenvolvimento de TPACK robusto, crítico e contextualizado, capaz de sustentar práticas pedagógicas inovadoras e fundamentadas.
Formação em Química	Explicação de conteúdos complexos apoiada apenas em recursos tradicionais ou digitais, sem análise reflexiva.	Explicação problematizada, em que o professor avalia se estratégias pedagógicas e tecnológicas favoreceram efetivamente a compreensão conceitual do conteúdo.

Fonte: o autor, 2025.

Metodologia da pesquisa

O estudo caracteriza-se como de natureza aplicada, pois busca gerar conhecimentos direcionados à resolução de problemas educacionais específicos, com potencial de intervenção prática no campo da formação docente (Gil, 2008). Quanto aos objetivos, assume caráter exploratório, na medida em que visa ampliar a compreensão acerca do processo autorreflexivo de pós-graduandos frente a uma atividade formativa baseada no modelo TPACK (Creswell, 2014). Em relação aos procedimentos, delineia-se como estudo de caso, por examinar em profundidade uma experiência pedagógica singular, situada em um contexto específico e delimitado (Yin, 2015). A abordagem adotada é qualitativa, por privilegiar a interpretação de significados atribuídos pelos participantes, em vez da mensuração de variáveis (Flick, 2009).

O estudo foi realizado com 20 pós-graduandos vinculados à área de Educação em Ciências e em Matemática de uma universidade pública brasileira. A atividade, com duração aproximada de três horas, teve início com a apresentação e a discussão teórica sobre o modelo TPACK. Na sequência, os estudantes foram divididos em três grupos, cada qual responsável por resolver um mesmo caso², mas a partir de uma base distinta do modelo: CC, CP ou CT. A única regra estabelecida era que os participantes deveriam restringir suas análises e soluções à base atribuída, evitando extrapolações para as demais.

Após a resolução do caso, cada grupo recebeu uma questão metacognitiva, elaborada com o objetivo de promover a reflexão sobre o processo desenvolvido e as escolhas realizadas. As perguntas foram: grupo CC: *Como você avalia a sua compreensão sobre os conceitos que utilizou? Que estratégias utilizou para identificar e preencher possíveis lacunas no seu conhecimento sobre o conteúdo? Explique.*; grupo CP: *Ao planejar sua resposta, como você decidiu quais estratégias pedagógicas utilizar? Como você reflete sobre a eficácia dessas estratégias após pensar sobre possíveis resultados da aplicação? Explique.*; e, grupo CT: *Quando você escolheu as tecnologias para auxiliar no caso, quais fatores considerou? Como você reflete sobre sua escolha após refletir sobre possíveis resultados do uso delas? Explique.*

As respostas a essas questões constituíram o *corpus* de análise desta pesquisa. O tratamento dos dados foi conduzido com base nos procedimentos da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), seguindo três etapas principais. Na pré-análise, realizou-se a leitura flutuante do material, estabelecendo o primeiro contato com as respostas, organizando o *corpus*, formulando hipóteses e definindo os indicadores que norteariam a análise. Na exploração do material, procedeu-se à codificação, por meio do recorte do texto em unidades de registro, à categorização, agrupando as unidades em categorias temáticas, semânticas ou analógicas, e à descrição sistemática dos dados. Por fim, no tratamento dos resultados, inferência e interpretação, os dados categorizados foram interpretados, relacionando-se os achados com os objetivos da pesquisa, o referencial teórico e as hipóteses, possibilitando a construção de novos sentidos e compreensões acerca do fenômeno investigado.

Ressalta-se que todos os procedimentos respeitaram os preceitos éticos em pesquisa com seres humanos, visto que o estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da universidade à qual o programa está vinculado, assegurando consentimento

² O "caso" utilizado nesta pesquisa consistiu em um problema contextualizado envolvendo o derramamento de ácido nítrico a partir da rachadura de um tanque em uma pequena cidade agrícola do interior. Esse tipo de situação foi elaborado como estudo de caso para promover a análise crítica de implicações científicas, pedagógicas e tecnológicas.

livre e esclarecido dos participantes, confidencialidade e sigilo das informações. O CAAE de aprovação é 84735324.1.0000.0214 e número de parecer 7.290.749.

Resultados

Na etapa de pré-análise, procedeu-se à leitura flutuante das respostas, permitindo identificar os primeiros sentidos e hipóteses emergentes a partir do material. As reflexões dos estudantes revelaram que diferentes critérios foram mobilizados conforme a base do conhecimento em questão. O grupo CP direcionou suas escolhas para a comunicação acessível e a mediação didática, enquanto o grupo CT enfatizou a acessibilidade, o armazenamento de dados e o uso da Inteligência Artificial (IA). Já o grupo CC concentrou-se em seus conhecimentos químicos de nível intermediário, reconhecendo lacunas conceituais e recorrendo a buscas complementares. A partir disso, formulou-se a hipótese de que a metacognição favorece a explicitação dos critérios de escolha, permitindo que pós-graduandos reconhecessem, de modo consciente, forças e fragilidades em sua atuação.

Na fase de exploração do material, foram organizadas as unidades de registro e elaboradas categorias temáticas capazes de representar os sentidos expressos pelos participantes. A primeira categoria, denominada *Estratégias de Comunicação e Mediação*, emergiu do grupo CP, que destacou a necessidade de dialogar, trocar ideias e utilizar uma linguagem acessível ao público geral, recorrendo a analogias para aproximar ciência e cotidiano. Já a segunda categoria, *Crítérios de seleção Tecnológica e Reflexão*, foi identificada nas respostas do grupo CT, que ressaltou a importância da acessibilidade em função da interdição do local, o uso de dados armazenados em nuvem e a aplicação da IA como suporte analítico. Por fim, a terceira categoria, *Reconhecimento das Lacunas e busca Colaborativa*, originou-se do grupo CC, que assumiu um nível intermediário de compreensão conceitual e recorreu a consultas na internet e às trocas entre colegas para construir respostas coletivas mais consistentes.

Por fim, na etapa de tratamento dos resultados e interpretação, verificou-se que a dimensão metacognitiva gerou reflexões distintas em cada base inicial do TPACK. O grupo CP priorizou a intencionalidade comunicativa, destacando a relevância da didática e da adequação da linguagem para diferentes públicos. O grupo CT evidenciou sua capacidade de utilizar recursos digitais de forma crítica e contextualizada, reconhecendo as barreiras existentes e elaborando soluções apropriadas. Já o grupo CC enfatizou sua consciência acerca das lacunas conceituais, revelando a necessidade de adotar estratégias de aprendizagem autônoma e colaborativa. Essa triangulação de perspectivas reforça a tese de que a metacognição atua como uma camada adicional no TPACK, possibilitando o desenvolvimento da consciência crítica sobre o processo de construção do conhecimento docente e fortalecendo práticas pedagógicas reflexivas e autorreguladas.

Discussão

Para potencializar a discussão a partir dos dados, apresenta-se um quadro-síntese que organiza as categorias emergentes, suas respectivas unidades de registro, exemplos representativos e sentidos interpretativos. O Quadro 2 cumpre a função de condensar os principais achados da Análise de Conteúdo, facilitando a visualização comparativa entre as

três bases do TPACK investigadas. A partir dessa sistematização, procede-se à apresentação dos metatextos relacionados a cada categoria, nos quais se aprofunda a discussão teórica e interpretativa, articulando os dados empíricos com aportes de autores que fundamentam a reflexão sobre metacognição e formação docente.

Quadro 2: Síntese da Análise de Conteúdo

Base	Categoria	Excerto	Sentido interpretado
CP	Estratégias de Comunicação e Mediação	Optamos por uma abordagem de comunicação pública da ciência [...] com analogias.	Tornar ciência acessível; mediação didática; adequação da linguagem
CT	Critérios de seleção Tecnológica e Reflexão	Consideramos o fator acessibilidade [...] também usamos Inteligência Artificial.	Usar tecnologia como solução prática e reflexiva diante de desafios
CC	Reconhecimento das Lacunas e busca Colaborativa	Nosso conhecimento encontra-se em nível intermediário [...] consulta na internet.	Autoconsciência das limitações; aprendizagem ativa e colaborativa

Fonte: o autor, 2025.

Estratégias de Comunicação e Mediação

O CP compreende os métodos, estratégias e formas de mediação que possibilitam ao professor transformar o conteúdo em experiências significativas de aprendizagem (Bedin; Morais, 2024; Pintrich, 2002). Mishra e Koehler (2006) apontam que, sem o domínio da dimensão pedagógica, o conhecimento disciplinar dificilmente alcança o aluno em sua complexidade. Na atividade realizada, o grupo CP enfatizou a comunicação pública da ciência, revelando preocupação com a acessibilidade da linguagem e com a construção de pontes entre o conhecimento acadêmico e o senso comum. Esta postura reforça a perspectiva de König, Fisseler e Blömeke (2016), ao destacarem que a competência pedagógica envolve tanto aspectos técnicos quanto reflexivos na adaptação ao público.

A escolha por analogias e recursos de simplificação não representa um empobrecimento da ciência, mas uma estratégia consciente de mediação, como afirmam Bedin (2025) e Desimone (2009). Para além de “ensinar conteúdos”, o grupo demonstrou sensibilidade em reconhecer os diferentes níveis de compreensão dos interlocutores, ajustando suas decisões pedagógicas de modo metacognitivo. Flavell (1979) já havia observado que essa consciência sobre o próprio processo de comunicação é parte da capacidade de monitorar e regular o pensamento, fundamental para a prática docente que busca emancipação e criticidade. Para endossar, pesquisas de Carpendale, Delaney e Rochette (2020) revelaram que práticas formativas só alcançam significado quando o professor articula criticamente conteúdo, pedagogia e tecnologia, em um movimento que envolve constante autoquestionamento.

Além disso, a dimensão metacognitiva emergiu quando os participantes justificaram suas escolhas didáticas, explicitando critérios como clareza, acessibilidade e adequação ao contexto. Essa autorreflexão está em sintonia com Schraw e Dennison (1994), que defendem que a metacognição abrange tanto o conhecimento sobre as próprias estratégias quanto o controle de sua aplicação. Ao reconhecer a importância da linguagem como mediadora, os estudantes validaram a tese de que o TPACK, enriquecido pela metacognição, torna-se um modelo capaz de orientar a prática pedagógica reflexiva e autorregulada.

Nesse cenário, a pedagogia ultrapassa a dimensão instrumental para assumir caráter político e social. Logo, tornar o conhecimento científico acessível à comunidade implica assumir um compromisso ético com a democratização da ciência. Bedin (2025) reforça que a metacognição favorece essa postura crítica, pois estimula o professor a avaliar o que ensina, como ensina e para quem ensina. Assim, o CP, quando atravessado pela metacognição, transforma-se em ferramenta de inclusão e diálogo, essencial para a docência em ciências comprometida com a formação cidadã.

Critérios de Seleção Tecnológica e Reflexão

O CT, conforme definido por Mishra e Koehler (2006), refere-se à compreensão e ao uso crítico das tecnologias disponíveis para potencializar o ensino e a aprendizagem. Na resolução do caso, os estudantes destacaram fatores como acessibilidade, armazenamento em nuvem e o uso da IA como estratégias de enfrentamento dos desafios. Essa resposta revela um olhar não apenas instrumental, mas reflexivo sobre a função das tecnologias no processo educativo, alinhando-se ao que Zimmerman (2002) entende como autorregulação aplicada a contextos práticos.

Ao avaliarem suas escolhas como assertivas, os participantes demonstraram consciência metacognitiva sobre as próprias decisões tecnológicas. Schraw e Dennison (1994) explicam que essa dimensão envolve a seleção de ferramentas, bem como a capacidade de monitorar sua eficácia e prever resultados. A reflexão apresentada pelos estudantes sugere uma aproximação daquilo que Bedin (2025) propõe: inserir a metacognição como eixo transversal no TPACK, reconhecendo que o uso da tecnologia só é efetivo quando acompanhado de autorreflexão crítica. Assim, como salientam Basniak e Estevam (2018), a articulação entre dimensões do TPACK também se evidencia nas práticas docentes quando os professores relatam e refletem criticamente.

O estudo de König, Fisseler e Blömeke (2016) mostra que professores em formação ainda apresentam inseguranças sobre suas competências digitais, o que reforça a relevância de exercícios como este. Ao considerar barreiras concretas, como a interdição de espaços físicos, os pós-graduandos demonstraram capacidade de adaptação criativa, aspecto central para a docência em tempos de constante transformação tecnológica. Esse processo também dialoga com a ideia de Desimone (2009) sobre a importância de formações que aproximem a teoria das práticas reais do professorado.

Finalmente, a inserção da metacognição no CT amplia a capacidade docente de pensar criticamente sobre as implicações sociais e pedagógicas do uso de recursos digitais. Blonder et al. (2013) evidenciam que a introdução de ferramentas tecnológicas em cursos de química só fortalece a autoconfiança docente quando acompanhada de reflexões sobre sua função pedagógica e não apenas técnica. Logo, como reforça Bedin (2025), não basta conhecer ferramentas; é preciso refletir sobre suas potencialidades, limitações e impactos no processo de ensino. Assim, o CT, atravessado pela autorregulação e pela consciência crítica, contribui para a eficácia da prática pedagógica e para uma postura ética e responsável diante da cultura digital.

Reconhecimento das Lacunas e busca Colaborativa

O CC, no âmbito da formação docente, refere-se ao domínio dos conceitos científicos e disciplinares que fundamentam a prática pedagógica (Veenman et al., 2006; Schraw;

Moshman, 1995). Entretanto, como destacam Mishra e Koehler (2006), esse domínio não é suficiente sem a reflexão sobre as formas de mobilizá-lo em situações de ensino. Nesse sentido, a metacognição, conforme Flavell (1979), amplia a consciência do professor sobre suas próprias limitações conceituais, favorecendo o planejamento de estratégias para preencher lacunas e consolidar saberes. O grupo que reconheceu possuir um nível intermediário de conhecimento químico ilustra justamente a importância da autorregulação diante das incertezas, alinhando-se ao que Zimmerman (2002) aponta como processo contínuo de monitoramento e ajuste cognitivo.

A necessidade de recorrer a buscas complementares, como consultas na internet e trocas colaborativas, reforça que o CC não é estático, mas se constitui em processo. Bedin (2025) argumenta que a metacognição deve ser compreendida como mais uma dimensão do TPACK, pois possibilita que futuros professores transformem lacunas em oportunidades de aprendizagem. Nesse caso, a autorreflexão coletiva gerou uma postura de enfrentamento crítico das dificuldades conceituais, alinhando-se à ideia de Schraw e Dennison (1994) de que a consciência sobre o “saber que se sabe” e o “saber como aprender” é essencial para o desenvolvimento da competência docente.

Esse movimento autorreflexivo também se conecta com a perspectiva de Desimone (2009), que destaca o impacto do desenvolvimento profissional docente quando as formações propiciam a integração entre conteúdo e processos de reflexão. O exercício realizado permitiu que os pós-graduandos avaliassem o que sabiam, como aprendiam e quais estratégias utilizavam para superar obstáculos. Assim, a reflexão metacognitiva transformou-se em mecanismo de fortalecimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico-científico (Bedin; Morais, 2024; Pintrich, 2002), ambos indispensáveis para o exercício da docência em química.

Ainda, a articulação entre CC e metacognição revela que a simples memorização de conceitos não garante a competência docente. O que se torna relevante é a capacidade de monitorar o próprio raciocínio, identificar falhas e buscar meios para saná-las de modo consciente e colaborativo. Como reforça Bedin (2025), a metacognição oferece uma nova lente para o TPACK, ressignificando o papel do conhecimento de conteúdo ao conectá-lo diretamente a processos de autorregulação. Portanto, compreender química em nível profundo exige, além de dominar fórmulas e reações, refletir criticamente sobre o processo de aprendizagem que sustenta essa compreensão.

Nesta conjuntura, a análise permitiu afirmar que as perguntas metacognitivas foram essenciais para desencadear processos reflexivos mais profundos entre os pós-graduandos. Sem esse dispositivo, as respostas tenderiam a permanecer no nível da execução do caso, sem explicitar os critérios, limitações e justificativas que embasaram as escolhas realizadas. Flavell (1979) já indicava que a metacognição não emerge espontaneamente, sendo necessário um estímulo que direcione a atenção para o pensar sobre o próprio pensar. Nesse sentido, as questões funcionaram como mediadoras cognitivas, favorecendo que os sujeitos identificassem fragilidades, reconhecessem potencialidades e construíssem um discurso mais consciente sobre o processo vivido.

Ao propiciar essa autorreflexão, as perguntas também favoreceram uma materialização mais significativa das bases iniciais do TPACK. Enquanto a resolução do caso evidenciou o conhecimento aplicado de cada grupo, foi a etapa metacognitiva que permitiu compreender a intencionalidade, os critérios de seleção e as estratégias de regulação utilizadas. Mishra e Koehler (2006) já destacam a interdependência das bases do TPACK,

mas a atividade mostrou que essa interdependência se torna mais visível e articulada quando acompanhada de reflexão orientada. Assim, sem as perguntas, dificilmente os estudantes teriam externalizado de maneira robusta como mobilizaram o conhecimento de conteúdo, pedagógico e tecnológico.

Os resultados evidenciaram ainda diferentes manifestações das habilidades metacognitivas descritas por Schraw e Dennison (1994). O conhecimento declarativo apareceu, por exemplo, quando os integrantes do grupo CC reconheceram seu nível intermediário de compreensão; o conhecimento processual foi evidenciado nas escolhas tecnológicas, como o uso da nuvem ou da IA para suprir barreiras; e o conhecimento condicional emergiu com força na dimensão pedagógica, quando o grupo CP justificou o uso de analogias e linguagem acessível ao público. Esses elementos mostram que a atividade possibilitou a resolução de um caso, bem como o desenvolvimento de consciência sobre os modos de pensar e aprender.

Por fim, as estratégias de regulação descritas por Zimmerman (2002) também se manifestaram com clareza. O planejamento foi identificado nas definições iniciais de abordagem em cada grupo; a gestão da informação esteve presente na consulta a fontes e no trabalho colaborativo; o monitoramento surgiu nas autoavaliações de desempenho e de escolhas; a depuração se materializou na busca por corrigir lacunas por meio de pesquisa e trocas com pares; e, a avaliação se evidenciou nas análises sobre a eficácia das estratégias empregadas. Esses resultados, articulados às discussões de Bedin (2025), reforçam que a inserção intencional de perguntas metacognitivas amplia a densidade formativa do TPACK, tornando-o mais adaptável e crítico.

Conclusão

O presente estudo visou analisar as compreensões de pós-graduandos em relação a uma atividade que promoveu o processo autorreflexivo pós-caso como estratégia formativa, de modo a catalisar a integração crítica das bases iniciais do modelo TPACK no desenvolvimento profissional docente. Este objetivo se mostra relevante à medida que a formação de professores, em tempos atravessados pelas tecnologias digitais, demanda abordagens mais articuladas, robustas e adaptáveis, capazes de sustentar a apropriação de conteúdos, do pensar-sobre, do conectar e do transformar. Assim, a experiência analisada aponta para a importância de integrar dimensões cognitivas e metacognitivas ao desenvolvimento profissional docente, em consonância com os atuais desafios da prática educativa.

Os resultados evidenciaram que, diante da atividade proposta, os grupos mobilizaram diferentes critérios conforme as bases do conhecimento, mas foi a dimensão metacognitiva que permitiu dar visibilidade às estratégias, escolhas e limitações. O grupo CP ressaltou a intencionalidade comunicativa e a adequação didática; o CT destacou a resolução de problemas práticos e a criticidade diante das ferramentas; e o CC revelou consciência de lacunas e a busca colaborativa. Esses achados reforçam a necessidade de se compreender a metacognição como uma camada fundamental ao TPACK, uma vez que ela amplia a capacidade docente de refletir criticamente sobre suas práticas, tornando a formação mais consciente, reflexiva e autorregulada.

A originalidade deste estudo reside em propor a metacognição como dimensão estruturante para a compreensão do TPACK, não como um acréscimo externo, mas como

um eixo transversal que confere ao modelo maior densidade e aplicabilidade. Ao tensionar os saberes e provocar os pós-graduandos a refletirem sobre seus processos de escolha, a pesquisa evidencia uma abordagem inovadora para o campo da formação docente em tecnologias digitais, deslocando o foco do simples uso instrumental de recursos para a construção de uma prática crítica, adaptável e integrada. Nesse sentido, contribui para avançar nos debates sobre como articular saberes e desenvolver competências mais alinhadas às demandas educacionais da contemporaneidade.

Como toda investigação, esta também apresenta limitações que precisam ser reconhecidas. A análise concentrou-se em um grupo específico de pós-graduandos e em um recorte delimitado de atividade, o que restringe a generalização dos resultados. Contudo, estes limites abrem espaço para desdobramentos importantes, como a realização de novos estudos com diferentes contextos formativos e maior diversidade de participantes, bem como a exploração longitudinal dos efeitos de práticas metacognitivas na formação docente. Nesse horizonte, o trabalho aqui apresentado se configura como ponto de partida para pesquisas futuras que aprofundem a relação entre TPACK, metacognição e desenvolvimento profissional docente, em diálogo permanente com as transformações tecnológicas e pedagógicas da educação em química.

Referências

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BASNIAK, M. I.; ESTEVAM, E. J. G. Conhecimento tecnológico e pedagógico de matemática revelado por professores quando relatam suas práticas. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 31, p. 3-21, 2018.
- BEDIN, E. Metacognição e CTPC: uma nova perspectiva para a Formação Docente Reflexiva e Autorregulada. *Paradigma*, p. e2025013-e2025013, 2025.
<https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2025.e2025013.id1626>.
- BEDIN, E.; MORAIS, C. S. L. Percepções de professores de química em formação inicial quanto à articulação tecnologia-pedagogia-ciência em suas práticas na pandemia. *Educar em Revista*, v. 40, 2024. <https://doi.org/10.1590/1984-0411.87730>.
- BLONDER, R.; RAP, S. I like Facebook: Exploring Israeli high school chemistry teachers' TPACK and self-efficacy beliefs. *Education and Information Technologies*, v. 22, n. 2, p. 697-724, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9384-6>.
- BLONDER, R.; JONATAN, M.; BAR-DOV, Z.; BENNY, N.; RAP, S.; SAKHNINI, S. Can You Tube it? Providing chemistry teachers with technological tools and enhancing their self-efficacy beliefs. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 14, n. 3, p. 269-285, 2013. <https://doi.org/10.1039/C3RP00001J>.
- BRABO, J. C. Metacognição, ensino-aprendizagem e formação de professores de ciências. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 1-9, 2018.
- CARPENDALE, J.; DELANEY, S.; ROCHETTE, E. Modeling meaningful chemistry teacher education online: reflections from chemistry preservice teacher educators in Australia.

Journal of Chemical Education, v. 97, n. 9, p. 2534-2543, 2020.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00718>.

CLEOPHAS, M. G.; FRANCISCO, W. Metacognição e o ensino e aprendizagem das ciências: uma revisão sistemática da literatura (RSL). *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 10-26, 2018.

<http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v14i29.5512>.

CRESWELL, J. W. *Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens*. Porto Alegre: Penso, 2014.

DESIMONE, L. M. Improving impact studies of teachers' professional development: toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, v. 38, n. 3, p. 181-199, 2009.

FLAVELL, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, v. 34, n. 10, p. 906-911, 1979.

<https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KÖNIG, J.; FISSELER, B.; BLÖMEKE, S. What teachers think about their digital pedagogical competence: A comparison among pre- and in-service teachers in Germany. *Teaching and Teacher Education*, v. 62, p. 27-37, 2016.

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.

PINTRICH, P. R. The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into Practice*, v. 41, n. 4, p. 219-225, 2002.

https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_3.

SCHRAW, G.; DENNISON, R. S. Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, v. 19, n. 4, p. 460-475, 1994.

SCHRAW, G.; MOSHMAN, D. Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, v. 7, p. 351-371, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF02212307>.

VEENMAN, M. V.; VAN HOUT-WOLTERS, B. H.; AFFLERBACH, P. Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, v. 1, n. 1, p. 3-14, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>.

VOOGT, J.; FISSER, P.; PAREJA ROBLIN, N.; TONDEUR, J.; VAN BRAAK, J. Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 29, n. 2, p. 109-121, 2013.

ZIMMERMAN, B. J. Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, v. 41, n. 2, p. 64-70, 2002. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2015.