



Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos de Química no programa de residência pedagógica

- Mapping the Integrations of Pedagogical Content Knowledge Components: A Study with Chemistry Pre-Service Teachers in the Pedagogical Residency Program
- Mapeo de las integraciones de los componentes del conocimiento pedagógico del contenido: un estudio con futuros profesores de química en el programa de residencia pedagógica

Forma de citar o artigo

Fernandes Goes, L. e Fernández, C. (2025). Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos de Química no programa de residência pedagógica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 256 - 278, <https://doi.org/10.17227/ted.num57-22048>

Resumo

Este estudo investiga as inter-relações entre os componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de licenciandos em Química participantes do Programa de Residência Pedagógica (PRP). Adotou-se uma abordagem qualitativa de estudo de caso, envolvendo a implementação de sequências didáticas, reuniões semanais e análises de relatórios semestrais. Entrevistas semiestruturadas foram utilizadas com base na técnica de reflexão estimulada, a fim de explorar e discutir o planejamento e a execução das atividades de intervenção. Os dados foram analisados por meio de análise temática qualitativa e organizados com base nos cinco componentes do PCK. Os resultados indicaram uma

Luciane Fernandes Goes*  
Carmen Fernandez**  

* Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus São Carlos – sp. Departamento de Química. Doutora em Ensino de Ciências, pós-doutoramento na Universidade de São Paulo. Luciane.goes@usp.br

** Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, sp. Doutora em Química, Pós-doutoramento na Universidade da Califórnia, Berkeley. Livre-Docente em Ensino de Química pela Universidade de São Paulo. carmen@iq.usp.br

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 21/08/2024
Fecha de aprobación: 03/10/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



forte integração entre as Orientações para o Ensino de Ciências e o Conhecimento de Estratégias Instrucionais, além de uma conexão significativa entre o Conhecimento da Compreensão dos Alunos e o Conhecimento de Estratégias Instrucionais. Em contrapartida, o Conhecimento do Currículo de Ciências revelou uma integração mais limitada. O estudo também permitiu a observação direta do ePCK e do pPCK, bem como o impacto do PRP no fortalecimento do pPCK e do cPCK. Esses achados destacam a relevância desses componentes tanto na prática docente quanto na formação inicial de professores.

Palavras-chave

conhecimento pedagógico do conteúdo; formação inicial de professores; programas de formação de professores; química

Abstract

This study investigates the interrelations between the components of Pedagogical Content Knowledge (PCK) of Chemistry pre-service teachers participating in the Teacher Residency Program (PRP). A qualitative case study approach was adopted, involving the implementation of didactic sequences, weekly meetings, and analysis of semester reports. Semi-structured interviews were conducted using the stimulated reflection technique to explore and discuss the planning and execution of intervention activities. The data were analysed through qualitative thematic analysis and organised based on the five components of PCK. The results indicated a strong integration between Science Teaching Orientations and Knowledge of Instructional Strategies, along with a significant connection between Knowledge of Students' Understanding and Knowledge of Instructional Strategies. Conversely, Science Curriculum Knowledge showed more limited integration. The study also allowed for direct observation of both ePCK and pPCK, as well as the impact of the PRP on strengthening pPCK and cPCK. These findings highlight the relevance of these components in both teaching practice and initial teacher education.

Keywords

pedagogical content knowledge; preservice teacher education; teacher education programs; chemistry

Resumen

Este estudio investiga las interrelaciones entre los componentes del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) de estudiantes de Química que participan en el Programa de Residencia Pedagógica (PRP). Se adoptó un enfoque cualitativo de estudio de caso, que incluyó la implementación de secuencias didácticas, reuniones semanales y análisis de informes semestrales. Se realizaron entrevistas semiestructuradas basadas en la técnica de reflexión estimulada, con el fin de explorar y discutir la planificación y ejecución de las actividades de intervención. Los datos fueron analizados mediante análisis temático cualitativo y organizados con base en los cinco componentes del PCK. Los resultados indicaron una fuerte integración entre las Orientaciones para la Enseñanza de las Ciencias y el Conocimiento de Estrategias Instruccionales, así como una conexión significativa entre el Conocimiento de la Comprensión de los Estudiantes y el Conocimiento de Estrategias Instruccionales. Por el contrario, el Conocimiento del Currículo de Ciencias mostró una integración más limitada. El estudio también permitió la observación directa del ePCK y el pPCK, así como el impacto del PRP en el fortalecimiento del pPCK y el cPCK. Estos hallazgos resaltan la relevancia de estos componentes tanto en la práctica docente como en la formación inicial de profesores.

Palabras clave

conocimiento pedagógico del contenido; formación inicial de docentes; programas de formación docente; química

Introdução

Os professores, ao longo de sua formação, desenvolvem um corpo de conhecimentos exclusivo da profissão docente. Como destaca Bucat (2004, p. 217, tradução nossa): “Existe uma grande diferença entre conhecer sobre um tópico e conhecer as demandas particulares de ensino e aprendizagem daquele tópico em particular”. Esse conjunto de conhecimentos constitui a base do ensino, sendo uma característica fundamental dos professores, adquirida não apenas por meio da experiência, mas também de uma formação específica. Um componente central dessa base é o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – PCK (Shulman, 1986).

Shulman introduziu o conceito de PCK para descrever o conhecimento singular dos professores (Shulman, 1986). O PCK é um dos conhecimentos utilizados pelos docentes no processo de ensino (Kind, 2009; Fernandez, 2014), abrangendo tanto a compreensão dos professores quanto suas práticas de ensino (Park & Oliver, 2008). Trata-se de um construto dinâmico, que descreve o processo enfrentado pelos professores ao lidar com “o desafio de ensinar assuntos particulares a alunos particulares em contextos específicos” (Shulman, 2015, p. 9, tradução nossa).

O PCK demonstrou ser uma ferramenta conceitual valiosa, amplamente utilizada por pesquisadores em educação científica para entender, descrever e investigar o conhecimento e a prática docente (Abell, 2008; Fernandez, 2014; Gess-Newsome, 1999; Kind, 2009). Ele tornou-se um referencial teórico fundamental para examinar a complexa relação entre ensino e conteúdo, especialmente através do uso de abordagens de ensino específicas (van Driel, Verloop, & de Vos, 1998). Além disso, o PCK fornece uma estrutura teórica valiosa para examinar o conhecimento dos profe-

sores e direcionar pesquisas sobre como esse conhecimento é desenvolvido (Abell, 2008; Fernandez, 2015; Nilsson, 2008).

Embora o PCK seja objeto de estudo desde os anos 1980, ainda há lacunas na compreensão sobre o processo de seu desenvolvimento e da interação entre seus componentes (Chan & Hume, 2019; Sorge, Kröger Petersen, & Neumann, 2019). Pesquisadores apontam para a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre as trajetórias percorridas pelos professores, desde sua formação inicial até se tornarem especialistas (Wilson, Borowski, & van Driel, 2019). Dessa forma, torna-se essencial investigar como as relações entre os componentes do PCK de futuros professores evoluem em resposta às diferentes oportunidades oferecidas durante os cursos de formação inicial.

Antecedentes - a integração dos componentes do PCK

Estudos que investigam as integrações entre os componentes do PCK têm ganhado destaque, fornecendo informações valiosas sobre como esses componentes interagem. Dentre essas investigações, destacam-se os estudos que utilizam a metodologia de Mapas de PCK, permitindo uma análise mais detalhada das interações entre seus componentes.

Park e Chen (2012) introduziram essa abordagem para explorar as integrações entre os componentes do PCK em diferentes tópicos de biologia, como fotossíntese e hereditariedade. Eles observaram que essas integrações variavam conforme o tópico, com o *conhecimento dos estudantes* e as *estratégias instrucionais* mostrando uma conexão mais forte, enquanto o *conhecimento do currículo* e o *conhecimento da avaliação* apresentaram menor número de integrações com os outros componentes.

De forma semelhante, Aydin e Boz (2013) utilizaram o Mapa do PCK para examinar as integrações entre os componentes do PCK de dois professores experientes de Química, ao abordar tópicos como reações redox e células eletroquímicas. Eles observaram que as integrações eram específicas para cada tópico, com o *conhecimento do aluno* e as *estratégias instrucionais* desempenhando um papel central, enquanto o *conhecimento da avaliação* e o *conhecimento do currículo* apresentaram interações mais limitadas.

Aydin et al. (2015) investigaram o desenvolvimento do PCK durante o estágio supervisionado, também utilizando o Mapa do PCK. Inicialmente, os futuros professores apresentaram poucas integrações entre os componentes do PCK, mas, após o estágio, essas integrações aumentaram, especialmente entre o *conhecimento do currículo de ciências* e os outros componentes, evidenciando um progresso no desenvolvimento do PCK.

Akin e Uzuntiryaki-Kondakci (2018) compararam a integração do PCK entre professores novatos e experientes, também usando o Mapa do PCK. Eles observaram que professores experientes demonstraram maior integração dos componentes do PCK, em comparação com os novatos. O *conhecimento sobre os alunos* e as *estratégias instrucionais* foram os principais facilitadores dessa integração, permitindo que os professores experientes aplicassem um PCK mais integrado e articulado.

Mais recentemente, Gao, Damico e Gelfuso (2021) examinaram, por meio dos mapas do PCK, como os componentes do PCK de uma professora do ensino médio foram integrados durante o ensino de seleção natural. Eles observaram que o *conhecimento de estratégias instrucionais* e de *conteúdo de ciências* foram os componentes mais frequentemente conectados com os demais, enquanto o *conhecimento da avaliação* teve menos integração.

Şen, Demirdöğen e Öztekin (2022) investigaram as interações entre os componentes do PCK em três professores de ciências com diferentes níveis de *conhecimento do conteúdo*, também utilizando mapas do PCK. Eles constataram que um *conhecimento de conteúdo* alinhado ao currículo resultava em um PCK mais integrado, enquanto um *conhecimento de conteúdo* mais profundo ou insuficiente estava associado a uma menor integração dos componentes do PCK.

Esses estudos destacam que a metodologia de mapas de PCK é uma ferramenta eficaz para investigar a complexidade das interações entre os componentes do PCK. Além disso, revelam como essas interações variam conforme o conhecimento específico do conteúdo e a experiência dos professores.

Referencial teórico

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) é definido como a combinação da pedagogia e conhecimento da disciplina, sendo introduzido por Shulman na década de 1980 (Shulman, 1986). Desde sua proposição inicial, a pesquisa

em educação científica tem buscado descrever o PCK, e, mais recentemente, diferenciar seus domínios, conforme sugerido por Carlson et al. (2019) no Modelo Consensual Refinado do PCK. Eles identificaram três domínios distintos de PCK: o PCK coletivo (cPCK; PCK compartilhado e publicado), o PCK pessoal (pPCK; PCK internalizado e exclusivo de um professor) e o PCK em ação (ePCK; PCK expresso em uma situação concreta de ensino).

O Modelo Consensual Refinado é representado em camadas, com o processo de planejar-ensinar-refletir do ePCK posicionado no centro, inserido no pPCK do professor e circundado pelo cPCK na camada externa. Essa estrutura visual ilustra a estreita conexão entre os domínios do PCK e sua influência mútua (Silva & Fernandez, 2021).

O cPCK é o conhecimento amplamente compartilhado dentro da comunidade profissional, sendo publicado em livros e artigos. Ele abrange a base de conhecimentos profissionais, como o conhecimento de conteúdo, o conhecimento pedagógico e as experiências de ensino documentadas. Carlson et al. (2019) enfatizam que o continuum do PCK disciplinar, de um tópico e de conceito-específico descrito para o PCK coletivo se aplica a todos os domínios do PCK.

O pPCK, por sua vez, refere-se ao PCK internalizado de um professor, ou seja, o conhecimento que ele aplica em sala de aula. Esse domínio é desenvolvido a partir do cPCK por meio da sua formação inicial, consultas à literatura e discussões com colegas. Assim, o pPCK constitui a base prática que os professores utilizam em suas situações de ensino. Além disso, interações e debates entre professores podem transformar pPCK individual em cPCK.

O ePCK representa a aplicação prática do pPCK em situações reais de ensino. Segundo Carlson et al. (2019), ele é um subconjunto do

pPCK, manifestando-se quando os professores escolhem estratégias de ensino, estruturam aulas, definem tarefas, selecionam modelos e lidam com erros dos alunos. Como o ePCK se manifesta apenas durante o ensino, ele é mais difícil de ser descrito fora desse contexto. Alonzo, Berry e Nilsson (2019) identificaram três formas de ePCK: para o planejamento, para o ensino e para a reflexão. Cada manifestação do ePCK durante a prática docente contribui para o aumento ou modificação do pPCK do professor.

Em relação aos componentes do PCK, Park e Oliver (2008) organizaram os cinco componentes propostos por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) em um modelo representado como um pentágono, com o PCK no centro. Esses componentes são: 1) Orientações para o Ensino de Ciências (OEC); 2) Conhecimento da Avaliação da Aprendizagem em Ciências (CAA); 3) Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências (CEI); 4) Conhecimento do Currículo de Ciências (CCC); 5) Conhecimento da Compreensão dos Estudantes em Ciências (CCE). Embora ambos os modelos compartilhem esses cinco componentes fundamentais, a representação em pentágono destaca o PCK como uma integração contínua e contextualizada entre os eles. Cada componente influencia os outros e está interligado. Isso implica que o desenvolvimento de um componente pode estimular o desenvolvimento de outros, contribuindo assim para a melhoria do PCK.

Apesar de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) reconhecerem a importância da interação e da coerência entre os componentes, o modelo de PCK que propuseram não representava claramente essa integração. O modelo pentagonal, por outro lado, enfatiza a interação contínua e a importância da reflexão na prática docente. Neste sentido, o PCK destaca que o professor não é apenas um

técnico que aplica conhecimentos planejados por outros, mas um profissional reflexivo, capaz de aprimorar sua prática por meio da interação com os alunos e da reflexão na ação sobre a ação (Park & Oliver, 2008).

As OEC referem-se às orientações curriculares que professores adotam de acordo com suas crenças para atingir objetivos e metas do ensino de ciências em diferentes níveis de ensino (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999). O modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) é uma releitura do modelo de Grossman (1990), com foco no Ensino de Ciências (Fernandez, 2014). Nesse modelo, os autores substituíram o termo “concepções dos propósitos do ensino do tema”, usado por Grossman, por “Orientações para o ensino de ciências”, fundamentando-o em orientações curriculares (Fernandez, 2014; 2015).

Tais orientações são classificadas em categorias no artigo de Magnusson, Krajcik e Borko et al.(1999), tais como: *processo; rigor acadêmico; didática; mudança conceitual; atividade dirigida; descoberta; ciência baseada em projetos; investigação e, investigação orientada*. Contudo, Friedrichsen, van Driel e Abell (2010) criticam essa abordagem mais teórica do termo, sugerindo que objetivos baseados em estudos empíricos poderiam oferecer maior aderência às práticas reais dos professores (Fernandez, 2015). Apesar da crítica, o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) continua amplamente utilizado, sendo interpretado como “conhecimentos e crenças sobre os propósitos e objetivos do ensino de ciências em um determinado nível de ensino” (Fernandez, 2015).

Assim, o PCK envolve um ato intencional em que os professores escolhem reconstruir sua compreensão para se adequar a uma situação específica. Portanto, o PCK é influenciado pelas crenças dos professores sobre o propósito de ensinar uma disciplina em um determinado nível de ensino, que são em grande parte moldadas por suas experiências e perspectivas (Park & Oliver, 2008).

○ CAA envolve o entendimento das dimensões da aprendizagem em ciências que devem ser avaliadas, bem como os métodos para essa avaliação. ○ CAA inclui o conhecimento dos professores sobre métodos formais e informais de avaliação, compreendendo instrumentos, abordagens ou atividades dirigidas para acessar a compreensão de um determinado conteúdo.

○ CEI diz respeito às formas pelas quais o professor representa o conteúdo, incluindo seu repertório de exemplos, demonstrações, experimentos, metáforas, analogias e atividades que tornam o conteúdo mais acessível ao estudante. Refere-se, portanto, ao conjunto de estratégias concretas aplicáveis ao ensino de tópicos específicos.

○ CCC engloba o conhecimento dos professores sobre o currículo e os materiais curriculares disponíveis para o ensino de conteúdos específicos, assim como sobre o currículo horizontal e vertical da disciplina (Grossman, 1990). ○ currículo horizontal envolve a compreensão dos professores sobre as metas e objetivos para os alunos na disciplina que estão ensinando, bem como a

articulação dessas metas com tópicos de outras disciplinas que os alunos aprendem simultaneamente. Já o currículo vertical refere-se ao conhecimento dos professores sobre o que os alunos aprenderam em anos anteriores e o que se espera que aprendam nos anos seguintes. Esse conhecimento permite ao professor tomar decisões mais consistentes sobre a sequência de conteúdos e propor alterações condizentes.

O CCE compreende o conhecimento sobre o que os alunos já sabem sobre um determinado tópico, bem como as dificuldades que podem encontrar ao aprender sobre ele. O CCE abrange as concepções alternativas que os alunos possuem sobre tópicos específicos, as dificuldades de aprendizagem, a motivação, além da compreensão da diversidade em habilidades, estilos de aprendizagem, interesses, níveis de desenvolvimento e necessidades.

Neste trabalho, utilizamos a definição operacional de Park e Chen (2012) que descrevem o PCK como “uma integração de dois ou mais componentes no modelo”. Essa definição destaca que o PCK não é um acúmulo isolado de conhecimentos, mas sim uma combinação dinâmica e interativa de diferentes aspectos que os professores utilizam para planejar e implementar o ensino. Ao considerar o PCK como uma integração, enfatizamos a importância da relação entre seus componentes. No contexto do PCK, a integração refere-se à combinação e inter-relação dos diferentes componentes que o constituem. Park e Oliver (2008) observam que o aumento de um único componente, sem um crescimento correspondente nos demais, pode não ser suficiente para alterar a estrutura do PCK. Para os autores: “O PCK para um ensino efetivo é a integração de todos os aspectos do conhecimento do professor de maneiras altamente complexas” (2008, tradução nossa).

O PCK e o Programa de Residência Pedagógica (PRP)

Diversos autores destacam a importância de incluir o constructo PCK na formação de professores, como Talanquer (2018) e Hume e Berry (2011). Esses autores argumentam que a inclusão do PCK nos cursos de formação de professores ajuda os docentes a compreender e construir conhecimentos sobre os componentes do PCK, os quais podem ser utilizados tanto no planejamento quanto na prática de ensino.

Nesse contexto, o Programa de Residência Pedagógica (PRP), introduzido pela CAPES em 2017, surge como uma iniciativa que busca integrar teoria e prática na formação inicial de professores. Por meio de parcerias entre instituições de ensino superior e escolas públicas, o PRP proporciona aos licenciandos a oportunidade de vivenciar o ambiente escolar desde o início de sua formação. Durante o programa, os residentes trabalham lado a lado com professores experientes, têm contato direto com os alunos da Educação Básica e realizam diversas atividades práticas, como o desenvolvimento de planos de aula e a ministração de aulas. Além disso, o PRP promove reuniões conjuntas com residentes, professores experientes e docentes universitários.

Nesse contexto, a teoria e a prática são trabalhadas conjuntamente, permitindo que todos os participantes contribuam e aprendam mutuamente. Os residentes desenvolvem não apenas habilidades práticas, mas também a capacidade de refletir criticamente sobre sua prática pedagógica, além de identificar os conhecimentos docentes necessários. Por sua vez, os professores experientes desempenham um papel fundamental na formação dos residentes, trazendo aspectos práticos da sala de aula, do conhecimento sobre os alunos e a gestão do tempo. Simultaneamente,

eles vivenciam uma formação continuada em contato com a universidade. Já os docentes universitários, ao participarem da formação dos residentes e professores, ampliam sua compreensão sobre a realidade escolar, os desafios enfrentados pelos professores e as dificuldades dos alunos da Educação Básica (Fernandez, 2023).

As experiências adquiridas no âmbito do PRP são fundamentais tanto para a construção dos conhecimentos docentes dos residentes quanto para o aprimoramento dos conhecimentos dos professores experientes e docentes universitários (Fernandez, 2023). O programa oferece uma rica experiência formativa, permitindo aos participantes conhecer de perto os desafios e as realidades do ambiente educacional. Santos e Freitas (2021) e Fernandez (2023) destacam que o PRP pode ser um espaço privilegiado para a reflexão crítica sobre conceitos, teorias e práticas, contribuindo, assim, para o desenvolvimento de um PCK sólido.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo examinar as integrações entre os componentes do PCK e entender a natureza dessas interações por meio dos Mapas do PCK de licenciandos participantes do Programa Residência Pedagógica.

Metodologia

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e adota um delineamento do tipo estudo de caso (Creswell, 2012). Os participantes são licenciandos em Química que fizeram parte do Programa de Residência Pedagógica (PRP), segunda edição, conforme o Edital nº 01/2020. A pesquisa foi conduzida no Brasil, mais especificamente na região Sudeste, em uma Instituição de Ensino Superior pública. Para preservar a confidencialidade, os licenciandos foram identificados por nomes fictícios: Berílio, Enrico, Lutécio, Marie, Mendeleev e Stefanie.

Os participantes apresentavam diferentes trajetórias educacionais e experiências: Berílio, Lutécio, Marie e Mendeleev estudaram em escolas particulares e optaram pela licenciatura durante o bacharelado em Química. Berílio e Lutécio têm experiência prática em escolas, enquanto Marie e Mendeleev, apesar de participarem do PRP, não atuam na área. Enrico e Stefanie, que cursaram o ensino básico em escolas públicas, escolheram a licenciatura por gostar de ensinar. Enrico leciona em uma escola integral. Stefanie ministra aulas de química e física no ensino fundamental e médio, e encontrou segurança para atuar em sala de aula após participar do PRP.

A pesquisa envolveu a observação das implementações de três sequências didáticas elaboradas pelos seis residentes do PRP, reuniões semanais onde ocorriam discussões sobre os planejamentos e reflexão sobre a implementação dessas sequências. Foram analisados os relatórios semestrais, que em geral apresentavam os planos de aulas elaborados por eles. Também foi realizada uma reflexão estimulada por meio de entrevistas semiestruturadas que permitiram discutir e refletir sobre o planejamento e execução de atividades de intervenção

realizadas pelos licenciandos, investigando os componentes do PCK e outros conhecimentos docentes presentes nesse material. A reflexão estimulada é uma técnica que pede aos professores que comentem um vídeo em que eles aparecem lecionando. A ideia é que os professores reconstruam seu pensamento durante o ensino. Essa técnica tem se mostrado como uma ferramenta rica tanto para construção de dados como para o desenvolvimento profissional, incentivando e apoiando a prática reflexiva dos professores (Nilsson, 2008; Oztay & Boz, 2022).

Os dados foram analisados por meio de análise temática qualitativa, conforme proposto por Clark e Braun (2017). A análise combinou codificação indutiva e dedutiva, com base nos cinco componentes do PCK, conforme o modelo de Park e Oliver (2008): (1) orientações para o ensino, (2) conhecimento do currículo, (3) conhecimento da compreensão dos estudantes, (4) conhecimento da avaliação da aprendizagem; e (5) conhecimento das estratégias instrucionais. A integração entre os componentes do PCK seguiu a metodologia de mapas do PCK de Park e Chen (2012), a qual segue três passos: 1) análise aprofundada do PCK explícito, 2) abordagem enumerativa e 3) método comparativo.

A análise aprofundada tem o objetivo de identificar nos episódios de ensino a presença de trechos nos quais ocorre a integração de dois ou mais componentes do PCK. Para nossa análise, consideramos como episódios de PCK aqueles que incluiu segmentos de ensino específicos. Utilizando a análise aprofundada de PCK de Park e Chen (2012), os componentes de PCK foram identificados em cada episódio de ensino de cada participante.

Na abordagem enumerativa, buscou-se evidências de interação entre os componentes do PCK dentro de cada episódio de ensino.

Tais conexões são quantificadas de acordo com a frequência com as quais os componentes se conectam. Em seguida, construiu-se um mapa de PCK para cada episódio com base nas interações entre os componentes do PCK (Park & Suh, 2019). Como sugerido por Park e Chen (2012), para os casos em que três componentes do PCK interagiram entre si, assumiu-se que cada componente tinha uma interação com os outros dois componentes. Depois de identificar as interações evidentes nos dados de cada episódio de cada participante, calculou-se a soma de interações específicas e todas as interações que ocorreram na análise para cada participante, gerando um Mapa do PCK final (Park & Suh, 2019).

Na etapa final, pelo uso do método comparativo, analisou-se a existência de padrões na integração do PCK dos professores, o que permitiu a identificação de conexões comuns entre os diferentes componentes do PCK.

Para garantir a qualidade e a confiabilidade das nossas análises, utilizamos um processo de codificação rigoroso e sistemático que envolveu dois pesquisadores. A codificação começou com uma rodada inicial individual, seguida de discussões extensas e construção de consenso.

As sequências didáticas

As sequências didáticas descritas a seguir foram elaboradas e implementadas durante o período de ensino remoto, exigido pela pandemia de Covid-19. As atividades foram desenvolvidas em grupos, duplas ou individualmente, de forma a se adaptar às circunstâncias do ensino à distância e atender às necessidades dos alunos nesse período desafiador (Fernandez *et al.*, 2023).

Berílio, Mendeleev e Stefanie desenvolveram a oficina “Alquimia e Química”, abordando

a história da química em aulas virtuais. O objetivo desta oficina foi oferecer uma perspectiva histórica sobre a química. Em formato de “roda de conversa virtual”, a oficina foi dividida em duas aulas. Na primeira, os licenciandos discutiram a percepção dos alunos sobre alquimia. Na segunda aula, abordaram as diferenças entre a alquimia e a ciência moderna, destacando a influência do contexto histórico nas explicações científicas da época.

Marie e Enrico criaram a intervenção “RPG Solo”, discutindo a história do flogisto e a ascensão de Lavoisier. A aula abordou a descoberta do oxigênio por Lavoisier, destacando o apoio de sua esposa e a influência de outros cientistas. A intervenção também discutiu a persistência da teoria do flogisto, ilustrando o papel do contexto histórico e social na aceitação de novas ideias. Os alunos interagiam com a história por meio de escolhas que levavam a diferentes desfechos.

Lutécio elaborou uma sequência sobre tratamento de água, ministrada em videoaula gravada. A videoaula começou com uma contextualização sobre o uso da água, abordando sua quantidade no mundo, o ciclo da água e a potabilidade, conforme o Ministério da Saúde. Foram analisados rótulos de água mineral para revisar conceitos de mistura e pH, seguido de um mapa mental dos conceitos e um vídeo animado em 3D sobre o tratamento de água com explicações detalhadas.

Resultados e análise

A Tabela 1 apresenta os mapas de PCK elaborados para o ensino dos três temas anteriormente descritos por cada residente, além das frequências e intensidade das conexões entre os componentes do PCK. A intensidade dessas integrações foi representada por diferentes tipos de linhas. Algumas conexões foram mais fortes e frequentes que outras. Por exemplo, para todos os residentes, os componentes OEC e CEI desempenharam um papel central no ensino dos temas, indicando que ambos foram influentes na formação do PCK dos residentes.

Por outro lado, a conexão menos frequente ocorreu entre CAA e CCC. Isso sugere que o CCC dos participantes teve pouca influência no uso do CAA. Por exemplo, apenas Stefanie apresentou uma única integração entre CAA e CCC, na qual o CCC orientou o que avaliar com base nos objetivos do currículo. Além disso, tanto o CCC quanto o CAA foram menos frequentemente conectados com outros componentes no ensino dos residentes, indicando que esses componentes tiveram menos impacto na formação de seus PCKs.

As integrações entre os componentes do PCK variaram entre os residentes, mesmo quando ensinaram o mesmo tema. Por exemplo, na oficina sobre alquimia e química, Mendeleev apresentou menos conexões entre os componentes do PCK (54 no total), enquanto o mapa de PCK de Berílio mostrou maior integração (70 conexões no total). Além disso, nenhuma integração envolvendo CCC foi detectada no PCK de Mendeleev. Da mesma forma, os mapas de PCK de

processo de integração dos componentes. No caso do tratamento de água, um tema mais concreto e visível que envolve conceitos como processos de separação de misturas, observou-se maior fluidez nas integrações entre os componentes do PCK. Por exemplo, Lutécio demonstrou integrações com o Conhecimento de Conteúdo Curricular (CCC), o que pode ser atribuído ao fato de o tema ser menos abstrato e mais diretamente relacionado ao currículo de Química. Essa relação facilitou a articulação entre os conteúdos previstos no currículo e as práticas pedagógicas, permitindo uma abordagem mais estruturada e alinhada com os objetivos curriculares.

Em contrapartida, os temas de alquimia e RPG solo, que demandam maior grau de abstração, evidenciam desafios adicionais no ensino de Química. No caso de Mendeleev, que trabalhou com alquimia e ciência moderna, não foram observadas integrações com CCC. A ausência dessas conexões pode refletir a complexidade de articular conceitos históricos e científicos abstratos, como a transmutação dos metais ou as influências filosóficas sobre a ciência da época, com o currículo de Química.

O contexto das discussões e reflexões dentro do PRP foi fundamental para auxiliar os residentes na tomada de decisões sobre as estratégias instrucionais a serem utilizadas pelos residentes, além de proporcionar possibilidades de integração entre diferentes componentes do PCK. Em uma reunião de planejamento da intervenção sobre “Alquimia e Química”, Stefanie questiona se a abordagem proposta seria adequada, expressando sua preocupação de que o conteúdo químico não estivesse sendo abordado diretamente: “Eu fiquei com receio de vocês considerarem muito histórico e filosófico e pouco químico.” (Stefanie, reunião semanal).

A orientadora do PRP tranquiliza Stefanie, destacando a relevância desses temas na formação científica, mesmo que não tratem de Química diretamente: “Vocês não estão tratando de Química diretamente, mas se olhar para BNCC [Base Nacional Comum Curricular], para o Currículo Paulista, toda essa parte de práticas científicas e da visão de ciência está lá e é uma das coisas importantes que devemos trabalhar em sala de aula” (Orientadora, reunião semanal). Mendeleev reforça que, apesar da abordagem mais ampla, eles logo abordariam conteúdos diretamente relacionados à Química: “quando formos abordar a questão de transmutação e da transformação da matéria.” (Mendeleev, reunião semanal).

A orientadora então conecta a estratégia didática ao conhecimento prévio dos alunos, sugerindo que a reflexão sobre as transformações na visão dos alquimistas e dos químicos poderia ser uma maneira eficaz de introduzir o conteúdo:

Como os alquimistas enxergavam as transformações e como os químicos enxergam, explorar isso de um jeito mais tranquilo. Com a discussão inicial do “tirar o molhado da água para virar ar”, dá para saber vários conhecimentos dos alunos sobre química, será que eles percebem que é um absurdo isso quimicamente? (Orientadora, reunião semanal).

Ao refletirem sobre o planejamento, os residentes decidiram expandir essa abordagem, conectando o conceito de transmutação discutido anteriormente nas reuniões: “Nós já tínhamos falado disso, sobre a transmutação de elementos, como a água se transforma em outra substância. Lembro que discutimos isso a partir dos elementos de Aristóteles, como mudar a proporção dos elementos e, conseqüentemente, alterar sua natureza.” (Boyle, entrevista). Além disso, nas aulas, os residentes utilizaram exemplos práticos para ilustrar conceitos químicos, como a reação química de rearranjo de átomos: “Na primeira, a gente tem uma reação química, certo? Você consegue ver que do lado esquerdo eu tenho CaCO_3 e 2HCl e do outro lado eu tenho os mesmos átomos rearranjados?” (Stefanie, Intervenção).

Esse tipo de diálogo ilustra como o PRP oferece um espaço privilegiado para o desenvolvimento do PCK específico do professor de Química, onde as discussões práticas sobre o conteúdo e as estratégias pedagógicas são contínuas e colaborativas. Isso permite aos residentes adaptar e apresentar os conceitos químicos de forma mais acessível aos alunos. Em comparação com outros cursos de formação, o PRP promove uma integração mais profunda entre teoria e prática, essencial para enfrentar as dificuldades específicas do ensino de Química.

A partir da análise dos mapas de PCK dos residentes, identificamos quatro características principais de integração entre os componentes do PCK: i) OEC e CEI: componentes centrais; ii) CCE com forte conexão com CEI; iii) CCC com integração limitada e iv) CAA com poucas integrações, sendo mais frequentemente ligado ao CEI.

OEC e CEI: componentes centrais na integração

Um padrão comum nos mapas do PCK foi que as OEC e o CEI foram os componentes mais

frequentemente integrados com outros, como também apontaram Aydin e Boz (2013), Padilla e van Driel (2011) e Park e Chen (2012) em suas pesquisas. A conexão entre esses dois componentes foi a mais forte entre todas as interações, o que sugere que as OEC e as CEI associadas influenciaram diretamente quais outros componentes precisavam ser incorporados, moldando, assim, o Mapa do PCK dos residentes.

As OEC referem-se à “maneira como um professor vê e conceitua o ensino de ciências” (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999, p. 97). Nos dados analisados, os residentes demonstraram diferentes orientações de ensino. Berílio, Mendeleev e Lutécio mostraram uma orientação mais centrada no professor, caracterizada por uma forte orientação didática cujo foco é a transmissão de fatos científicos. Assim, o licenciando apresenta as informações geralmente por meio de aulas expositivas. Por exemplo, Lutécio afirma que em sua aula quis apresentar as etapas de tratamento de água:

A minha ideia na época era focar em cada etapa de tratamento da água e separar as etapas em conceitos diferentes, cada processo diferente de separação de substâncias, então destrinchar um pouco mais e dar nome a cada um dos processos. (Lutécio, Entrevista).

Em contraste, Enrico, Marie e Stefanie, apresentaram uma orientação mais centrada no aluno, focando no processo em que os estudantes participam de atividades que desenvolvem pensamento crítico e habilidades integradas, baseando-se no raciocínio científico. Por exemplo, Stefanie opta pela estratégia de roda de conversa, para fazer com que os alunos participassem mais ativamente da aula: “Então a roda de conversa veio com esse propósito mesmo, de garantir maior participação deles” (Stefanie, Entrevista). Esses dados são

consistentes com os resultados de Demirdöğen (2016), onde propósitos relacionados ao conteúdo mostram mais interações com o conhecimento das estratégias. Da mesma forma, como observado nos resultados de Suh e Park (2017), as OEC estão fortemente conectadas a dois outros componentes do PCK: CCE e CEI.

A conexão entre OCE e CEI foi a mais frequente para todos os residentes. Na instrução de Berílio, por exemplo, ele afirma na segunda entrevista que a escolha de iniciar a aula com uma música estava relacionada com a função do professor em trazer novos conhecimentos aos alunos: “Não conhecendo a música antes, é uma oportunidade de apresentar a música pra eles. Porque já tive professores que falavam isso, por exemplo, a função do professor é trazer coisas que os alunos não conheçam.” (Berílio, Entrevista).

Marie, por sua vez, optou por uma aula baseada nos princípios do jogo de RPG pois “queria um jeito diferente de abordar a História da Química, dificilmente abordada pelos professores, também porque é algo difícil, a maioria não tem base pra trabalhar isso, normalmente aparece os nomes e um textinho ali, que na maior parte das vezes só reforça a ideia de heroísmo” (Marie, Entrevista). Com essa estratégia, Marie pretendia criar um ambiente interativo que permitisse aos alunos entenderem a História da Química de maneira mais crítica e envolvente.

CCE: forte conexão com CEI

O CCE foi o terceiro componente mais conectado nos mapas, apresentando uma forte integração com o CEI. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Barendsen e Henze (2019) e Sæleset e Friedrichsen (2021). Essa relação é fundamental para os professores, pois, ao entender como os estudantes pensam e aprendem, eles podem selecionar estratégias de ensino mais eficazes. Observa-se que essa relação entre CEI e CCE, é recíproca: o CEI informa o CCE e, em outros momentos, o CCE influencia diretamente as decisões pedagógicas relacionadas ao CEI.. Por exemplo, Berílio utilizava questões específicas para avaliar a compreensão dos estudantes: “Você consegue dizer alguns exemplos em que você vê a alquimia, exemplos de alquimia que a gente conhece na nossa cultura?” (Berílio – Intervenção). Em outros momentos, a partir do CCE ele planejava estratégias específicas para o ensino de determinado tópico: “Uma estudante soube resumir satisfatoriamente os conteúdos abordados na primeira aula para uma colega que não havia participado (...) a partir disso introduzimos o Caso Boyle” (Berílio – Entrevista).

Essa integração recíproca também foi observada nos demais residentes. Durante um experimento demonstrativo, Enrico questionava os alunos sobre os possíveis resultados e o que eles esperavam que acontecesse: “Isso daqui é palha de aço, que vocês encontram na sua casa. Vamos fazer o experimento então. (...) O que vocês esperam que aconteça, gente? (...) Vocês têm alguma ideia? (...) Vamos ver o que vai acontecer.” (Enrico – Intervenção). Em outro

momento, ele esclarecia dúvidas dos alunos usando diversos exemplos: “Sim, você saber o que está acontecendo te ajuda a controlar aquilo de alguma forma.

Os mapas do PCK indicaram que o componente CCE foi o terceiro componente mais fortemente integrado. Para Berílio, esse componente é o único integrado aos outros quatro, incluindo o CCC, que não mostrou integração com outros componentes. Berílio comenta que os alunos tinham ouvido falar de Robert Boyle, mas não de forma aprofundada, já que o conteúdo de gases foi estudado previamente: “é uma parte do conteúdo de gases (...) Então não acho que eles sabiam, mas não acho que saber quem era Boyle iria interferir na sequência da aula”. (Berílio, Entrevista). Nesse sentido, o CCC informa o CCE.

Lutécio também observou dificuldades dos alunos com o conteúdo de separação de misturas, apesar de já terem estudado o tema:

Uma outra visão que eu trouxe das misturas e substâncias puras, que é uma visão mais formal, científica, vamos falar assim, são esses gráficos porque eles já tiveram esse conteúdo [separação de misturas] e tiveram dificuldades, apesar de estarem interessados.” (Lutécio – Entrevista).

Aqui, o CCC também informa CCE, que por sua vez molda o CEI.

CCC: integração limitada

Os mapas do PCK indicaram que os residentes raramente integraram o CCC em seu PCK. Em particular, conforme mostrado na Tabela 1, o CCC teve poucas conexões, sendo a integração mais fraca com outros componentes, corroborando com outros estudos (Park e Chen, 2012; Aydin e Boz, 2013; Aydin et al., 2015). O CCC refere-se à compreensão dos professores sobre os currículos horizontal e vertical da

disciplina, abrangendo as metas e objetivos para os alunos, bem como os materiais curriculares disponíveis para o ensino de uma determinada matéria (Grossman, 1990).

Entre os participantes, Lutécio foi o residente que mais integrou o componente CCC. Durante uma entrevista ele ressaltou a importância de os alunos entenderem sobre os processos de separação de misturas:

(...) então na época eu quis aproximar isso um pouco da linguagem Química, que é importante que eles entendam (...) então eu tentei pegar esse material e entender o que eles tinham tido e como eles tinham tido, com o objetivo de não fugir muito daquilo que eles tinham estudado, não abordar conceitos que eles não tinham contato nesse material. (Lutécio Entrevista).

Esse excerto evidencia que Lutécio priorizou a terminologia específica da Química, garantindo que seu ensino estivesse em consonância com os materiais oficiais, como o Caderno do Aluno. Consulta ao material oficial permitiu que ele respeitasse a progressão lógica dos conteúdos no currículo, evitando introduzir conceitos que os alunos não tivessem estudado previamente.

Além disso, Lutécio escolheu trabalhar com rótulos de água mineral como ferramenta pedagógica para contextualizar conceitos abstratos, tornando o aprendizado mais significativo e conectado à realidade cotidiana dos alunos. A contextualização evidenciou seus objetivos de ensino, facilitando a compreensão e a retenção dos conteúdos. Nesse sentido, o CCC informou o CEI, moldado pela OCE.

Por outro lado, Berílio e Mendeleev, foram os residentes com menor frequência de integração do componente CCC, sendo que para Mendeleev esse componente não foi integrado nenhuma vez. O conhecimento

de Berílio sobre o currículo vertical raramente influenciava suas decisões instrucionais. Embora ele demonstrasse saber o que os alunos haviam aprendido nos anos anteriores, raramente usava essa informação para planejar aulas que melhorassem o aprendizado do aluno. Berílio conhecia o projeto de ensino da escola onde realizou o estágio e as diretrizes do Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo, mas não utilizava isso como critério para tomar decisões sobre a importância dos tópicos curriculares no planejamento e na instrução. Em suma, os dados de Berílio indicam que saber o que é o currículo é diferente de saber como utilizá-lo no ensino.

CAA: poucas integrações, mais integrado com CEI

O CAA foi o quarto componente mais frequentemente integrado nos Mapas do PCK, destacando-se principalmente em sua conexão com o CEI. O CAA envolve a compreensão das dimensões da aprendizagem das ciências que são importantes para avaliar dentro de uma unidade de estudo bem como os métodos para realizar essa avaliação. Isso inclui o conhecimento sobre os instrumentos, abordagens e atividades específicas que podem ser usadas para avaliar o aprendizado de ciências (Magnusson, et al., 1999).

Entre os residentes, Berílio demonstrou uma integração mais ampla do CAA, conectando-o ao CEI e ao CCE. Ele utilizava frequentemente diferentes tipos de perguntas para diagnosticar o nível de compreensão de seus alunos, ajustando sua instrução conforme necessário, o que revela uma conexão dinâmica entre os três componentes. Por exemplo, antes de avançar para um novo conceito, Berílio fazia perguntas como: “Ficou claro para vocês o motivo pelo qual a alquimia era algo mais fechada e os alquimistas não queriam compartilhar as informações?” (Berílio – Intervenção). Ele acreditava que, para seguir em frente, era essencial entender a compreensão atual dos alunos e usar perguntas como uma forma eficaz de avaliação.

Enrico, por outro lado, integrou o CAA exclusivamente com o CEI. Em uma atividade experimental demonstrativa, ele questionava os alunos sobre o aumento da massa: “Por que vocês acham que isso aconteceu?” (Enrico – Intervenção). Em outro momento, ao discutir a teoria do flogisto, ele perguntava se o raciocínio estava correto: “Só que aí, se ele está pegando fogo, é pro flogisto sair, e se ele sai, a massa tem que diminuir. E não foi isso que Lavoisier viu. Concorde?” (Enrico – Intervenção). Nessas atividades, Enrico não apenas avaliava a compreensão dos alunos sobre conceitos específicos, mas também identificava possíveis concepções alternativas. Essas estratégias proporcionavam um feedback imediato sobre a aprendizagem dos alunos, mostrando como o CEI orientava o CAA. Embora os residentes demonstrem uso do CAA, assim como apresentado por Gao et al. (2021) e Kaya (2009), a integração desse componente com os demais é limitada.

Os domínios do PCK: troca de conhecimento entre o cPCK, pPCK e ePCK

O planejamento escrito das intervenções, sua implementação e a reflexão estimulada por meio das entrevistas semiestruturadas foram instrumentos valiosos para observar diretamente o ePCK dos residentes. Os mapas de PCK analisados sugerem que, mesmo com temas similares, os licenciandos podem demonstrar diferentes tipos de ePCK. Esses instrumentos forneceram informações sobre o planejamento, a prática de ensino e a reflexão dos residentes sobre seu próprio ensino, ajudando a entender o raciocínio pedagógico dos licenciandos em relação às atividades observadas.

Além disso, conseguimos acessar informações sobre o pPCK, já que, ao responder às perguntas, os licenciandos recorriam ao seu conhecimento e habilidades anteriores (pPCK). As entrevistas exploraram também o conhecimento pessoal de cada residente, influenciado por suas experiências anteriores de ensino e vivências de aprendizagem.

Os futuros professores usaram seu pPCK para demonstrar seu ePCK no planejamento e no ensino dos tópicos. Esse processo revelou como os fatores que ampliam ou restringem o desenvolvimento do pPCK para o tema se manifestam, especialmente em três dos cinco componentes do PCK específico do tópico: OEC, CCE, CEI.

A reflexão dos residentes após suas intervenções e as mudanças identificadas em suas respostas revelaram a natureza dinâmica do pPCK, que evoluiu ao longo do tempo. Levantamos a hipótese de que a participação no PRP, que envolve intervenções práticas de ensino e discussões entre residentes, professores e orientadora, molda o pPCK e informa o ePCK nas práticas de sala de aula.

As reuniões coletivas também desempenharam um papel crucial no desenvolvimento do pPCK dos residentes. Berílio destacou como essas reuniões facilitaram a troca de conhecimentos de estratégias instrucionais:

Tinha reunião que era pra falar de pontos muito específicos de uma intervenção de outro residente (...) de um modo geral ajudava sim, porque por exemplo, a gente discutia possíveis contextualizações, modos de aplicar conteúdos, caminhos a se tomar na hora de planejar aulas. (Berílio - Entrevista).

Marie apreciou as reuniões para a troca de conhecimentos pedagógicos, destacando a discussão de textos e currículos:

Eu acho que as reuniões que a gente discutia os textos, os livros, eu gostava bastante. (...). Gostei bastante dos textos que a professora (orientadora) trouxe, a discussão da BNCC (currículo nacional), dar uma olhada para isso. Acho que era um espaço aberto para todo mundo se manifestar; eu, pelo menos, me sentia confortável para falar, a troca de ideias entre nós era boa. (Marie - entrevista).

Mendeleev ressaltou a importância das reuniões semanais para o conhecimento do contexto: “Eu acho que principalmente quando os professores participavam e davam a contribuição deles assim, colocava a gente mais no pé no chão para saber o que dava pra fazer ou não, porque às vezes a gente chegava com ideias do que queríamos fazer, mas eles já falavam “ah, isso é muito conteúdo pra uma aula só e tal” e isso ajudou muito. (Mendeleev - Entrevista).

Essas reuniões semanais fortaleceram o pPCK dos licenciandos, proporcionando mais conhecimento sobre os conteúdos e novas estratégias pedagógicas para atender às

necessidades de aprendizagem dos alunos. Nessas reuniões semanais, onde as trocas de conhecimento ajudaram a identificar o pPCK dos residentes, novos conhecimentos foram formados (cPCK). A integração de novas informações ao pPCK anterior do professor envolveu uma formação dialógica do conhecimento (cPCK), resultando em um conhecimento mais rico e eficaz para o ensino. Assim, o cPCK da equipe de residentes foi fortalecido.

Os resultados indicam que as conversas nas reuniões semanais do PRP e a reflexão estimulada beneficiaram a troca de conhecimentos entre o cPCK e o pPCK. Segundo Carlson et al. (2019), os domínios pPCK e cPCK se desenvolvem continuamente durante a troca de conhecimento. Este estudo fornece evidências empíricas para o argumento de Park e Suh (2019) de que a partilha de conhecimentos é necessária para o desenvolvimento do PCK.

O conhecimento articulado e compartilhado nas reuniões semanais manifesta-se no ePCK e reflete-se no pPCK, reforçando e consolidando o conhecimento na equipe do PRP (cPCK). Stefanie, ilustra essa dinâmica:

Acho que aí entra o papel das reuniões né?! Das reuniões tanto de discussão de planejamento, de uma proposta de intervenção, tanto as reuniões de modificação de uma proposta de intervenção quanto as reuniões pós intervenção. Essas reuniões foram, encaixaram bonitinhos ali no que estava proposto. (Stefanie - Entrevista).

E reforça a questão do conhecimento articulado e partilhado:

A gente fez uma reunião no Google Meet e a maior parte do planejamento foi feito utilizando o docs do Google, então todos os membros conseguiam visualizar e editar o documento e a gente também montou um grupo no WhatsApp para comunicação sobre a oficina, sobre ideias para o planejamento da oficina, e também para sua aplicação no dia específico. (Stefanie - Entrevista).

Essas reflexões mostram como as conversas coletivas ajudaram os residentes a se tornarem mais conscientes do seu próprio ensino e do ensino dos temas. Nesse sentido, os resultados mostraram que a troca de conhecimento entre pPCK e cPCK e vice-versa permitiu o desenvolvimento do PCK dos residentes.

Conclusões

A elaboração e implementação de sequências didáticas revelou-se uma abordagem eficaz para ilustrar tanto o ePCK quanto o pPCK dos residentes. Esse processo permitiu observar diretamente o ePCK e identificar variações em seus mapas de PCK, evidenciando a diversidade de abordagens pedagógicas adotadas, mesmo para temas semelhantes.

Os mapas do PCK revelaram padrões significativos nas interações entre os diferentes aspectos do conhecimento docente dos residentes, oferecendo percepções valiosas sobre a prática de ensino.

Um dos achados mais relevantes foi a centralidade das OEC e do CEI na integração do PCK entre os residentes analisados, destacando sua importância na orientação das decisões instrucionais e na seleção de estratégias de ensino apropriadas. Além disso, a forte conexão entre o CCE e o CEI mostrou como a compreensão do professor sobre o pensamento dos alunos influencia a seleção de estratégias instrucionais eficazes.

Por outro lado, observou-se uma integração limitada do CCC e do CAA com outros aspectos do PCK. O CCC apresentou conexões menos frequentes e mais fracas com outros componentes, enquanto o CAA se integrou principalmente com o CEI, sugerindo uma menor consideração do currículo na avaliação da aprendizagem durante o planejamento e implementação das aulas.

Os mapas do PCK também ressaltam que o grau de abstração dos conteúdos químicos impacta a estrutura das integrações do PCK. Por exemplo, o tema de tratamento de água, por ser mais tangível e alinhado ao currículo, permitiu que Lutécio estabelecesse conexões mais claras e estruturadas entre o CCC e os demais componentes. Já conteúdos como alquimia ou teorias históricas como o flogisto, por serem mais abstratos e estarem menos diretamente associados aos currículos contemporâneos, requerem um esforço maior por parte dos residentes para estabelecer essas conexões.

Portanto, o desenvolvimento do PCK em Química deve considerar essas especificidades, aprimorando a formação de professores para enfrentar os desafios de ensinar conteúdos mais abstratos e complexos, ao mesmo tempo em que conseguem integrar o CCC de maneira eficaz. Nesse sentido, destaca-se a importância de considerar a interação dinâmica entre os diferentes aspectos do conhecimento docente na formação e no desenvolvimento profissional dos futuros professores.

A troca de conhecimento entre o pPCK e o ePCK, aliada à participação no PRP, revelou-se essencial para moldar e enriquecer o conhecimento dos licenciandos, permitindo-lhes desenvolver estratégias de ensino diferenciadas. As reuniões coletivas desempenharam um papel crucial ao criar um ambiente de troca de conhecimentos e reflexões, fortalecendo tanto o pPCK individual quanto o cPCK.

O PRP proporcionou um contexto de imersão na realidade escolar, permitindo que os licenciandos experimentassem e integrassem de maneira prática e reflexiva os diferentes componentes do PCK. Essa experiência prática foi fundamental para que os licenciandos desenvolvessem uma abordagem pedagógica mais articulada e adaptada às necessidades reais da sala de aula. Ao vivenciarem situações concretas em sala de aula, os licenciandos tiveram a oportunidade de evidenciar os componentes do PCK, além de realizar integrações entre eles, o que contribuiu diretamente para o desenvolvimento de um PCK mais robusto.

A frequência com que essas integrações ocorreram durante a experiência no PRP está diretamente relacionada à intensidade da articulação entre os componentes do PCK. Quando os licenciandos conseguem integrar fortemente os componentes em diferentes momentos de suas sequências didáticas, isso reflete um maior domínio do PCK. Por outro lado, residentes com menos conexões tendem a isolar os componentes, o que pode resultar em práticas fragmentadas e menos ajustadas às complexidades da sala de aula.

Desta forma, este estudo não apenas destaca a singularidade da jornada dos futuros professores no Programa de Residência Pedagógica, mas também evidencia o papel fundamental do PRP na formação inicial de professores. Embora baseado em apenas seis participantes, o estudo revela que o PRP desempenha um papel essencial na integração dos conhecimentos docentes na prática de ensino.

Ao proporcionar experiências práticas e oportunidades reflexivas, o PRP se estabelece como um elemento chave na preparação de professores. Portanto, o PRP não apenas contribui para o desenvolvimento individual de cada componente do PCK, mas também promove a integração desses componentes, desempenhando um papel crucial no fortalecimento do PCK, possibilitando uma formação mais ampla, prática e reflexiva para os futuros professores.

Agradecimentos

Las autoras agradecen el apoyo financiero de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), procesos #2013/07937-8 y #2021/03489-7, al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo #312017/2021-9, à Capes y à la Pró-Reitoria de Graduação da USP por las becas concedidas al PRP. Agradecimientos especiales a los residentes, preceptores y a la recepción dada por la escuela campo.

Referências

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416. <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Alonzo, A. C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 273-288). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_12
- Aydin, S., & Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 10. <https://doi.org/10.1039/C3RP00095H>
- Aydin, S., Demirdogen, B., Akin, N. F., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Tarkin, A. (2015). The nature and development of interaction among components of pedagogical content knowledge in practicum. *Teaching and Teacher Education*, 46(Supplement C), 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.10.008>
- Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating Teacher PCK and Teacher Practice Using Classroom Observation. *Research in Science Education*, 49(5), 1141-1175. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9637-z>
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 215-228. <https://doi.org/10.1039/B4RP90025A>
- Brasil. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES). Programa de Residência Pedagógica: edital nº 1/2020. Brasília, DF: CAPES, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteu->

- do/06012020-edital-1-2020-resid-c3-aancia-pedag-c3-b3gica-pdf. Acesso em: 02 out. 2024.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barndsen, E., Berry, A., Borowski, A., Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 3-76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Creswell, J. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, 6th Edition, Pearson Education.
- Demirdöğen, B. (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 495-532. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9472-5>
- Edital no 01/2020. Programa de Residência Pedagógica. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES). Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/06012020-edital-1-2020-resid-c3-aancia-pedag-c3-b3gica-pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.
- Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the Twenty First Century*, 60, 79-100. <https://doi.org/10.33225/pec/14.60.79>
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17 (2), p.500-528. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170211>
- Fernandez, C. (2023). De licenciando a professor de química: o Programa de Residência Pedagógica como espaço de desenvolvimento do PCK no subprojeto Química_USP capital. In K. S. M. Molina & B. C. Valério (Eds.), *Os desafios para a formação inicial na Pandemia de Covid-19: PIBID e PRP USP: caminhos e conquistas*. (Vol. 1, pp. 71-90). ESALQ/USP. <https://doi.org/10.11606/9786587391373>
- Fernandez, C., Belluco, M. F., Souza, B. E., Fusari, M. F., Rodrigues, M. S., & Goes, L. F. (2023). Oficinas como possibilidade de interação e engajamento dos alunos no momento pandêmico. In: Karina Soledad Maldonado Molina; Barbara Corominas Valério. (Org.). *Os desafios para a formação inicial na Pandemia de Covid-19: PIBID e PRP USP: caminhos e conquistas*. (1ed. Vol. 1, pp. 337-357). ESALQ/USP. <https://doi.org/10.11606/9786587391373>
- Friedrichsen, P.; van Driel, J. H.; Abell, S. K. (2010). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 358-376. <https://doi.org/10.1002/sce.20428>
- Gao, S., Damico, N., & Gelfuso, A. (2021). Mapping and reflecting on integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching natural selection: A case study of an experienced middle-school science teacher. *Teaching and Teacher Education*, 107, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103473>

- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 51-94). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_3
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher and teacher education*. Teachers College Press.
- Kaya, O. N. (2009). The Nature of Relationships among the Components of Pedagogical Content Knowledge of Preservice Science Teachers: 'Ozone layer depletion' as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961-988. <https://doi.org/10.1080/09500690801911326>
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299. <https://doi.org/10.1080/09500690802186993>
- Oztay, E. S., & Boz, Y. (2022). Interaction between pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge in electrochemistry. *Journal of Pedagogical Research*, 6(1), 245-269. <https://doi.org/10.33902/JPR.2022.165>
- Padilla, K., & Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367-378. DOI <https://doi.org/10.1039/C1RP90043A>
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941. doi:<https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Park, S., & Suh, J. K. (2019). The PCK Map Approach to Capturing the Complexity of Enacted PCK (ePCK) and Pedagogical Reasoning in Science Teaching. In A.

- Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 187-199). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_8
- Sæleset, J., & Friedrichsen, P. (2021). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Integration of Students' Understanding in Science and Instructional Strategies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), em1965. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10859>
- Santos, T. A., & Freitas, I. M. D. d. (2021). A pesquisa na formação docente : o estágio supervisionado em diálogo com a residência pedagógica. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 7(22). <http://dx.doi.org/10.21920/recei72021722269282>
- Şen, M., Demirdöğen, B., & Öztekin, C. (2022). Interactions among Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge Components for Science Teachers: The Impact of Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 33(8), 860-887. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2012630>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (1st ed., pp. 11). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Silva, A. N.; Fernandez, C. (2021). Um professor de química, um conteúdo e dois contextos escolares: do PCK pessoal para o PCK em ação. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, 1-25. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230116>
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 862-889. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326>
- Suh, J. K., & Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, 64, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.021>
- Talanquer, V. (2018). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 7. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J)
- Wilson, C. D., Borowski, A., & van Driel, J. (2019). Perspectives on the Future of PCK Research in Science Education and Beyond. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 291-302). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_13