

Conocimiento Especializado de Potenciación movilizado por docentes a partir de una Investigación Basada en *Design*

Henrique Rizek Elias

henriqueelias@utfpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-9660-7303>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Londrina, Brasil.

Daniele Peres da Silva Martelozo

dani-peres@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9881-5907>

Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED)/ Escola Nova Geração - Educação

Infantil e Ensino Fundamental

Primeiro de Maio, Brasil.

Laís Cristina Viel Gereti

laisgereti@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5258-2757>

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Blumenau, Brasil.

Susana de Fátima Lopes

susanaflopes@yahoo.com.br

<https://orcid.org/0000-0003-4680-1260>

Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari (FAFIMAN)

Mandaguari, Brasil.

Recibido: 05/12/2021 **Aceptado:** 15/02/2022

Resumen

En este artículo presentamos los resultados de la fase inicial de una investigación desarrollada por un grupo de estudio e investigación en el ámbito de una Maestría Profesional (MP), basada y enmarcada en la metodología de la Investigación Basada en el Diseño (IBD). Específicamente, en este trabajo, nos enfocamos en los primeros cuatro encuentros dedicados a discusiones teóricas sobre el contenido matemático de la potenciación, con el objetivo de analizar el Conocimiento Especializado del Contenido (SCK) movilizado/refinado por los docentes mientras trabajan colaborativamente en la etapa de preparación de un IBD y, luego, elaborar una conjetura sobre la dimensión del contenido de potenciación para el 6° año de primaria. A partir de los datos producidos en las grabaciones de las reuniones del grupo de estudio e investigación, concluimos que la experiencia brindada por el IBD favoreció la producción de conocimiento para los docentes, ya que lograron movilizar/refinar su SCK respecto a la potenciación cuando se permitieron entender la potenciación como una representación y cuando pudieron ampliar su

perspectiva sobre el tema matemático, en la dirección de establecer relaciones entre la aritmética (trabajada en los primeros años) y el álgebra, a través del pensamiento algebraico, proporcionando un entorno favorable para nuevas reflexiones y aprendiendo sobre pensamiento algebraico y la potenciación.

Palabras clave: Investigación Basada en Diseño. Conocimiento Especializado del Contenido. Potenciación. Educación Matemática.

Conhecimento Especializado de Potenciação mobilizado por professores a partir de uma Investigação Baseada em Design

Resumo

Neste artigo, apresentamos resultados da fase inicial de uma investigação desenvolvida por um grupo de estudo e pesquisa inserido no âmbito de um Mestrado Profissional (MP), sendo fundamentada e delineada na metodologia da Investigação Baseada em Design (IBD). Especificamente, neste trabalho, focamos nos quatro primeiros encontros dedicados para discussões teóricas sobre o conteúdo matemático de potenciação, tendo como objetivo analisar o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) mobilizado/refinado por professores enquanto trabalham colaborativamente na etapa de preparação de uma IBD e, em seguida, elaborar uma conjectura referente à dimensão do conteúdo de potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental. A partir de dados produzidos nas gravações dos encontros do grupo de estudo e pesquisa, concluímos que a experiência proporcionada pela IBD favoreceu a produção de conhecimento aos docentes, uma vez que puderam mobilizar/refinar seu SCK a respeito da potenciação quando se permitiram compreender a potenciação como uma representação e quando puderam ampliar o olhar sobre o tema matemático, na direção de estabelecer relações entre a aritmética (trabalhada nos anos iniciais) e a álgebra, por meio do pensamento algébrico, oportunizando um ambiente favorável para novas reflexões e aprendizagens sobre o pensamento algébrico e a potenciação.

Palavras-chave: Investigação Baseada em Design. Conhecimento Especializado do Conteúdo. Potenciación. Educação Matemática.

Specialized Knowledge of Potentiation mobilized by teachers from a Design-Based Research

Abstract

In this paper we present the results of the initial phase of an investigation developed by a study and research group inserted the scope of a Professional Master's (MP), based on and outlined in the methodology of Design-Based Research (IBD). Specifically, in this work, we focus on the first four meetings dedicated to theoretical discussions about the mathematical content of potentiation, aiming to analyze the Specialized Content Knowledge (SCK) mobilized/refined by teachers in the collaborative work in the preparation stage of an IBD and, then, to elaborate a conjecture regarding the content dimension of potentiation for the 6th year of Elementary School. From data produced in the recordings of the meetings of the study and research group, we conclude that the experience provided by the IBD favored the production of knowledge for teachers, since they were able to mobilize/refine their SCK regarding potentiation when they allowed themselves to understand potentiation as a representation and when they were able to expand their view on the mathematical theme, in the direction of establishing relationships

between arithmetic (worked in the early years) and algebra, through algebraic thinking, providing a favorable environment for new reflections and learning about thinking algebra and the potentiation.

Keywords: Design-Based Research. Specialized Context Knowledge. Potentiation. Math Education.

Introdução

Neste artigo, abordamos um tipo de pesquisa qualitativa com características específicas, aquela desenvolvida no âmbito de Programas de Pós-graduação *stricto sensu* na modalidade profissional, em particular, em um Mestrado Profissional (MP). Uma primeira característica própria de um MP é o fato de que exige a elaboração de um Produto Educacional (PE) durante o desenvolvimento da dissertação. De acordo com o Documento da Área de Ensino da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), um PE pode, por exemplo, ser

[...] uma sequência didática, um aplicativo computacional, um jogo, um vídeo, um conjunto de vídeo-aulas, um equipamento, uma exposição, entre outros. A dissertação/tese deve ser uma reflexão sobre a elaboração e aplicação do produto educacional respaldado no referencial teórico metodológico escolhido (Brasil, 2019, s.p.).

No entanto, como defendem Rôças & Bomfim (2018, p. 4, destaque dos autores),

[...] a principal *meta* de um MP é o professor e não o produto educacional [...]. A ideia é que, a partir do desenvolvimento de um produto, o professor que buscou a modalidade profissional [...] possa compreender a sua prática de maneira mais reflexiva.

Considerando essas características de um MP, acreditamos que uma pesquisa em Educação Matemática realizada nesse contexto precisa levar em conta a importância do PE e a estreita relação com a prática do professor. Assim, entendemos a necessidade de metodologias de pesquisa qualitativa que tenham potencial para promover tanto a elaboração de um PE de qualidade como o desenvolvimento profissional do professor que buscou o MP. Neste artigo, argumentamos em favor da Investigação Baseada em *Design* - IBD (Ponte *et al.*, 2016; Mata-Pereira & Ponte, 2018), como sendo uma dessas metodologias.

Mata-Pereira & Ponte (2018, p. 787) consideram que optar pela metodologia da IBD “[...] permite introduzir alterações à prática em sala de aula que decorrem de combinar e recombinar elementos da investigação, no sentido de promover uma abordagem útil e efetiva no contexto específico em que a investigação se desenvolve”. Nesse sentido, Van Den Akker *et al.*,

(2006) apresentam três argumentos favoráveis para se realizar uma IBD: i) dada sua característica intervencionista, esse tipo de investigação possui relação muito próxima com a prática docente; ii) por possuir forte orientação teórica e pragmática, esse tipo de investigação possui ambições científicas e visa desenvolver teorias empiricamente fundamentadas; iii) levando em conta sua característica cíclica, esse tipo de investigação objetiva tornar mais robusta a prática de *design*, buscando promover aprendizados que possam estimular e proporcionar condições para *design* posteriores.

Ao longo deste texto, apresentamos mais detalhes das características de uma IBD, buscando evidenciar como essa metodologia de pesquisa qualitativa pode se conectar fortemente com os propósitos de uma pesquisa realizada em um MP, no sentido de que, tanto na IBD como em um MP, uma vez identificado um problema da prática docente, busca-se “gerar uma intervenção que deve ser materializada por meio de algum tipo de produto educacional” (Barbosa & Oliveira, 2015, p. 530).

Para tornar mais explícito esse potencial da IBD no contexto de pesquisas realizadas em programas de pós-graduação *stricto sensu* na modalidade profissional, neste artigo, analisamos a fase inicial de uma experiência de IBD que está sendo desenvolvida por um grupo de estudo e pesquisa¹ na busca por resolver um problema da prática de uma de suas integrantes, professora da Educação Básica. A demanda levantada pela docente integrante do grupo refere-se às dificuldades dos estudantes na aprendizagem de potenciação no 6º ano do Ensino Fundamental. A partir da demanda trazida pela docente, o grupo se organizou de maneira a elaborar uma proposta de intervenção e investigação pautadas na IBD.

O ciclo de uma IBD envolve as fases de preparação, realização e análise retrospectiva da experiência de *design*. Neste trabalho, focamos na primeira etapa (preparação), quando o grupo realizou estudos teóricos sobre o tema matemático potenciação a partir de artigos científicos, dissertações e teses, documentos curriculares oficiais e livros didáticos com a finalidade de, principalmente, elaborar conjecturas a respeito do conteúdo de potenciação para o 6º ano e seu ensino. Acreditamos que essa etapa de preparação, quando realizada de forma colaborativa (Boavida & Ponte, 2002; Menezes & Ponte, 2010) e envolvendo pessoas com diferentes experiências profissionais, possui grande potencial para o desenvolvimento do

¹ Grupo MEPPE - Matemática Escolar: práticas, pesquisas e estudos, cadastrado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq.

Conhecimento Matemático para o Ensino (*Mathematical Knowledge for Teaching – MKT*) (Ball, Thames & Phelps, 2008) dos professores envolvidos.

Delimitamos esta pesquisa nos seguintes aspectos: com relação à IBD, focamos na elaboração da conjectura referente à dimensão do conteúdo de potenciação, não abordamos a dimensão didático-pedagógica; com relação ao MKT, demos atenção a um de seus subdomínios, o chamado Conhecimento Especializado do Conteúdo. Assim, o objetivo deste artigo é analisar o Conhecimento Especializado do Conteúdo mobilizado/refinado por professores enquanto trabalham colaborativamente na etapa de preparação de uma IBD e, em seguida, elaborar uma conjectura referente à dimensão do conteúdo de potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental). Estamos interessados, portanto, em como a IBD pode contribuir para o desenvolvimento do MKT do professor que experiencia esse tipo de investigação, não nos debruçamos a respeito do PE a ser elaborado ao final do processo de uma IBD e de um MP.

Barbosa & Oliveira (2015) mencionam o fato de que as pesquisas em Educação Matemática são, por vezes, acusadas de não responderem aos problemas prioritários de gestores, professores, legisladores etc. Por isso, esses autores sustentam “[...] a necessidade de que esta modalidade de pesquisa deve ser valorizada, inspirando projetos que combinem delineamento/desenvolvimento com a compreensão científica” (Barbosa & Oliveira, 2015, p. 528). Em levantamento bibliográfico sobre pesquisas que utilizam a IBD como metodologia no Brasil, realizado por Soares, Pigatto & Bisognin (2019), foram identificados e analisados 16 trabalhos (entre dissertações, teses e artigos) em língua portuguesa no contexto da Educação/Ensino de Matemática. Foi possível observar que nenhuma das pesquisas identificadas abordam o tema matemático Potenciação e apenas três delas são no contexto da formação continuada de professores, com foco no conhecimento profissional docente (com as temáticas: Probabilidade, Geometria e Trigonometria). Nesse sentido, ao apresentar uma experiência envolvendo a IBD, o presente artigo procura contribuir não apenas para ampliar a inserção de tal metodologia no campo da Educação Matemática, mas, também, para a compreensão de como a fase de preparação de uma IBD tem potencial para mobilizar/refinar o conhecimento matemático dos professores envolvidos, em particular, de Potenciação.

Conhecimento Matemático para o Ensino

O desenvolvimento profissional docente pode ser entendido

[...] como um processo contínuo que tem início antes de ingressar na licenciatura, estende-se ao longo de toda sua vida profissional e acontece nos múltiplos espaços e momentos da vida de cada um, envolvendo aspectos pessoais, familiares, institucionais e socioculturais (Fiorentini, 2008, p. 45, citado por Fiorentini & Crecci, 2013, p. 13).

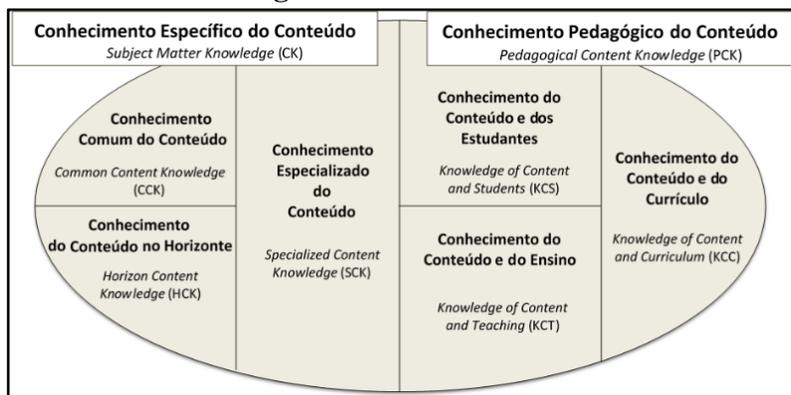
Segundo Marcelo (2009), o termo “desenvolvimento” possui uma conotação de evolução e continuidade, o que nos permite entender “o desenvolvimento profissional como um processo que se vai construindo à medida que os docentes ganham experiência, sabedoria e consciência profissional” (Marcelo, 2009, p. 11).

Para Ponte e Oliveira (2002), o desenvolvimento profissional do professor processa-se em dois campos estreitamente relacionados: no crescimento do *conhecimento e competência profissionais* e na formação e afirmação da *identidade profissional* do professor. Concentramos em aspectos do primeiro campo, o do conhecimento profissional docente, considerando, para isso, o quadro teórico do MKT de Ball, Thames e Phelps (2008).

O MKT é uma teoria baseada na prática docente, desenvolvida a partir de demandas matemáticas para o ensino e que visa debater os conhecimentos matemáticos necessários para que o professor possa exercer seu papel de ensinar matemática. Ball, Thames e Phelps (2008), após projetos desenvolvidos com professores de matemática da Educação Básica, observaram relevantes demandas matemáticas da prática dos professores que lhes permitiram determinar seis subdomínios para o MKT, a saber: (i) Conhecimento Comum do Conteúdo; (ii) Conhecimento Especializado do Conteúdo; (iii) Conhecimento de Conteúdo e dos Estudantes; (iv) Conhecimento do Conteúdo e do Ensino; (v) Conhecimento do Conteúdo e do Currículo; (vi) Conhecimento do Conteúdo no Horizonte.

O MKT foi desenvolvido a partir dos trabalhos de Shulman (1986, 1987). A Figura 1 ilustra como os seis subdomínios do MKT se relacionam com os domínios do Conhecimento Específico do Conteúdo e do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo propostos por Shulman (1986, 1987).

Figura 1 - Subdomínios do MKT



Fonte: adaptado de Ball, Thames & Phelps (2008)

Estamos interessados em um desses subdomínios, o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK). O SCK não tem outro fim a não ser o ensino, isto é, esse subdomínio é particularmente relevante ao professor, uma vez que, conforme apontam Ball, Thames e Phelps (2008), o trabalho docente envolve especificidades como “Apresentar ideias matemáticas, respondendo a estudantes os ‘porquês’; [...] avaliar e adaptar o conteúdo matemático de livros didáticos; modificar tarefas fáceis ou difíceis e avaliar as necessidades dos alunos; dar ou avaliar explicações matemáticas [...]” (Ball, Thames & Phelps, 2008, p. 400, tradução nossa). Como afirmam Silva e Moreira (2021), trata-se de um conhecimento matemático que o professor precisa saber para ensinar, mas que não ensina diretamente ao estudante. Isto é, envolve conhecimentos que permitam ao professor compreender a natureza matemática de um erro cometido pelo estudante ao resolver uma tarefa, mas que não precisa, necessariamente, ensinar a ele tal conhecimento (Silva & Moreira, 2021).

Assim, neste texto, quando tratamos do desenvolvimento profissional dos professores, estamos nos referindo especificamente ao SCK, um dos aspectos do conhecimento profissional docente.

Para Nacarato, Mengali & Passos (2017), há diversos fatores que potencializam o desenvolvimento profissional docente, dentre eles: o trabalho compartilhado ou colaborativo; as práticas investigativas; as práticas coletivas e reflexivas; e a adoção de práticas de formação que possam desencadear a reflexão (Nacarato, Mengali & Passos, 2017). Na mesma direção, Fiorentini & Crecci (2013) indicam que há, pelo menos, três diferentes tipos de práticas consideradas potencialmente catalisadoras de desenvolvimento profissional: as práticas reflexivas, as práticas colaborativas e as práticas investigativas.

Assumimos que o grupo de estudo e pesquisa aqui investigado possui características colaborativas e, por isso, pode potencializar o desenvolvimento profissional dos participantes. Como apontam Ponte & Serrazina (2003), em um trabalho colaborativo deve haver objetivos comuns entre os diversos participantes, mas, também, objetivos individuais. Deve haver um ambiente com boa relação entre os membros, envolvendo, sobretudo, diálogo, negociação e cuidado.

Diálogo, para estabelecer uma comunicação efectiva, conduzindo a uma compreensão dos significados e problemas com que cada um se defronta. Negociação, de significados, de objectivos, de processos, permitindo o estabelecimento de pontos de contacto e plataformas que viabilizam o trabalho conjunto. Cuidado, envolvendo uma genuína atenção aos problemas e necessidades dos outros (Ponte & Serrazina, 2003, p. 17-18).

Características como essas, presentes em um trabalho colaborativo, permitem que os atores envolvidos aprofundem mutuamente seus conhecimentos (Boavida & Ponte, 2002).

Investigação Baseada em *Design*

A criação da metodologia de pesquisa nomeada por *Design Experiments* é creditado a Brown (1992) e Collins (1992), mas há quem defenda que um dos pioneiros foi John Dewey, ao sustentar em sua publicação *Education as engineering* que a educação deveria desenvolver estudos que apresentem soluções para problemas advindos da prática profissional do professor (Barbosa & Oliveira, 2015). Atualmente, vários outros pesquisadores contribuíram com o desenvolvimento e refinamento da teoria, sendo encontrado termos semelhantes, como Investigação Baseada em *Design* - IBD (Ponte *et al.*, 2016; Mata-Pereira & Ponte, 2018) termo adotado nesta pesquisa, *Design-Based Research* (Matta, Silva & Boaventura, 2014), ou Pesquisa de Desenvolvimento (Barbosa & Oliveira, 2015).

No contexto educacional, hoje a IBD é conhecida, sobretudo, por artigos publicados em edições temáticas nos periódicos *Educational Researcher*, *Educational Psychologist*, *Journal of the Learning Sciences* e *Educational Technology*, nos anos de 2003, 2004 e 2005, sendo empregada em diferentes áreas e níveis de ensino para atender necessidades específicas, principalmente sob dois enfoques de investigação: pesquisas visando inovações curriculares e pesquisas centradas em processos de ensino e de aprendizagem (Prediger, Gravemeijer & Confrey, 2015; Ponte *et al.*, 2016).

Considerando a complexidade de ambientes educacionais e tendo a preocupação em encontrar soluções para problemas que emergem de contextos da prática docente, num processo colaborativo, a IBD combina teoria e prática de modo que um aspecto se beneficia do outro, ou seja, teorias educacionais determinadas por objetivos bem definidos, orientam e subsidiam todo o desenvolvimento da investigação por meio de um processo de intervenções iterativas com características e princípios sistemáticos, denominados de *experimentos de design* (Cobb *et al.*, 2003).

A Investigação Baseada em *Design* possui ciclos para seu desenvolvimento, incluindo a preparação, a realização e a análise retrospectiva (Ponte *et al.*, 2016). Na fase da preparação está o desenvolvimento de teorias que visam o processo de aprendizagem dos estudantes e, também, para os meios/materiais que darão apoio a essa aprendizagem (Cobb *et al.*, 2003); desse modo, utiliza-se a proposta teórica para a construção do produto ou *design* educacional (Matta, Silva & Boaventura, 2014). Selecionado o tema a ser investigado, é preciso elaborar conjecturas, ou princípios de *design*, que possuem dimensões que nortearão a elaboração “do que será ensinado” (dimensão do conteúdo matemático) e “de como será ensinado” (dimensão didático-pedagógica):

os princípios de design norteam o processo e fazem parte da dimensão teórica. Eles funcionam como *pilares* ou hipóteses fortes apoiadas em uma teoria qualquer. A metodologia DBR [Design Based Research] não se apoia em uma única teoria. Muito pelo contrário, ela pode adotar vários elementos de várias teorias de modo a eleger os princípios de design que irão nortear toda produção, implementação e avaliação. (Kneubil & Pietrocola, 2017, p. 4, destaques do autor).

São essas conjecturas que, também, fazem com que a IBD não seja uma sequência de tarefas qualquer, mas fundamentada nas dimensões de conteúdo e didático-pedagógico, interligadas entre si, baseadas em evidências que ainda são inconclusivas e incompletas, mas que serão colocadas em teste, e assim, se necessário, reformuladas (Ponte *et al.*, 2016).

Na fase da realização, busca-se a elaboração do produto ou *design* educacional, objetivando mudanças educacionais por meio de novas formas de aprendizagem, resultando na intervenção (Cobb *et al.*, 2003). O material produzido pode ser um produto educacional, como materiais didáticos; processos pedagógicos, como novas propostas didáticas; programas educacionais, como currículos, cursos ou desenvolvimento profissional para professores; ou políticas educacionais (Matta, Silva & Boaventura, 2014). Com a intenção de que esses produtos educacionais tenham potencial para contribuir com propostas de mudança, Barbosa & Oliveira

(2015) falam da importância da colaboração entre pesquisadores e professores, do “encontro de saberes do campo científico e do campo profissional, de modo que as características do produto educacional precisam bem se adequar tanto aos saberes teóricos quanto aos saberes docentes” (p. 533). Desse modo, com o problema definido e compartilhado pelos envolvidos, pesquisadores e professores, em um processo de reciprocidade, colaboração, coparticipação e mobilização de conhecimentos em todas as fases de desenvolvimento da investigação, a pesquisa é validada por todos.

Com a implementação é possível testar o produto educacional, para validar suas conjecturas ou princípios de *design*, momento que Cobb *et al.* (2003) nomeiam por prospectivo. A partir de revisão constante do planejamento, das tarefas e conjecturas, da implementação anterior, em um processo reflexivo, é possível que novas reformulações e ajustes sejam feitos. Esse movimento cíclico, de testar as novas reformulações é chamado de iteratividade (Cobb *et al.*, 2003). Logo, a metodologia de IBD baseia-se

em ciclos de estudo, análise, projeção, aplicação, resultados, que depois são reciclados, e assim quando for necessário, ou possível. Há o propósito de ser uma abordagem iterativa e de refinamento da solução prática encontrada. A iteração talvez seja a característica mais marcante da DBR, dando-lhe o caráter formativo que com ela é identificado (Matta, Silva & Boaventura, 2014, p.27).

Esta metodologia diferencia-se de outras abordagens metodológicas, uma vez que “[...] é orientada para a produção de novas teorias mais do que para o teste de teorias já existentes ou para a comprovação dos bons resultados a que a inovação supostamente conduz” (Ponte *et al.*, 2016, p. 82). Assim, tendo o propósito de oportunizar e fomentar aprendizagens e/ou refinamento de teorias, por suas características, a IBD “[...] oferece ferramentas para analisar um problema e gerenciar o desenvolvimento de intervenções” (Kneubil & Pietrocola, 2017, p. 4).

No entanto, a IBD não “para” por aí, uma de suas características também visa a generalidade (Ponte *et al.*, 2016), ou seja, a possibilidade de aplicar o que foi desenvolvido em outros problemas e contextos que não aquele que o gerou. Por isso, ao final de uma IBD, deve-se

apresentar um produto educacional e a compreensão de como ele pode funcionar nos contextos investigados para mediar a apropriação em outros contextos externos. Segundo Plomp (2009), o resultado de uma pesquisa nessa modalidade deve genericamente ser apresentado nos seguintes termos: “dado um determinado contexto, se eu faço uma intervenção com certas características, então eu posso esperar tais resultados” (p. 18) (Barbosa & Oliveira, 2015, p. 531).

Esse é um aspecto essencial da IBD enquanto contribuição, uma vez que possibilita conceber e utilizar o conhecimento gerado e refinado ao longo de todo o processo de investigação de forma que seja útil para outros cenários que apresentem aspectos semelhantes, os quais serão analisados e avaliados (Wang & Hannafin, 2005).

Dessa maneira, podemos ainda trazer algumas outras vantagens que a IBD proporciona, por exemplo, ao: buscar pela superação da dicotomia entre métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa, expandindo as possibilidades, e conseqüentemente, aumentando seus alcances; considerar a natureza complexa do contexto educacional, o que provoca reflexões constantes a partir e sobre peculiaridades de cada situação, com diferentes variáveis e suas interações, originando a necessidade de combinar métodos diversos nos experimentos de *design*, o que torna cada contexto único, com demandas e necessidades próprias, portanto, não sendo o produto gerado compreendido enquanto uma “receita” para simples reprodução; poder retomar ao experimento de *design* continuamente de acordo com os limites de cada projeto de pesquisa, com vistas a realização de ajustes, revisões, reavaliações e redirecionamentos que orientam intervenções futuras; entre outros proveitos (Wang & Hannafin, 2005; Ponte *et al.*, 2016; Angeluci *et al.*, 2020).

Aspectos metodológicos

Para Esteban (2010, p. 127),

[...] a pesquisa qualitativa é uma atividade sistemática orientada à compreensão em profundidade de fenômenos educativos e sociais, à transformação de práticas e cenários socioeducativos, à tomada de decisões e também ao descobrimento e desenvolvimento de um corpo organizado de conhecimentos.

Essa é a concepção que assumimos nesta pesquisa, que visa compreender, de maneira orientada e sistemática, as contribuições que uma experiência de *design*, quando realizada colaborativamente, pode oferecer ao conhecimento matemático dos professores envolvidos.

Os dados da pesquisa foram produzidos² de gravações dos encontros remotos (via Google Meet) de um grupo de estudos e pesquisas, vinculado a uma universidade federal localizada no estado do Paraná, que se reúne quinzenalmente (aos sábados, das 9h às 11h30) para estudar e discutir textos científicos das áreas de Educação e de Educação Matemática. Esse

² Esta pesquisa teve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas envolvendo seres humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CAAE: 49961621.6.0000.5547.

grupo começou a se formar em 2020, a partir da necessidade de estudos em conjunto entre um orientador e quatro estudantes de MP. No entanto, em 2021, com a realização dos encontros no formato remoto, o grupo deixou de ser composto apenas por orientador e estudantes de mestrado e passou a contar com a participação de outros pesquisadores e professores, até mesmo de outro estado. Nesse sentido, considerando o envolvimento voluntário dessas pessoas, inclusive de egressos do MP que, por interesses próprios, permanecem no grupo, é possível dizer que os integrantes mantêm uma relação característica de um trabalho colaborativo.

Atualmente, o grupo é composto por 11 pessoas com atuações em diferentes contextos: professores do Ensino Superior, professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental, professoras dos anos finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio e uma estudante de graduação. Em termos de formação, três integrantes possuem doutorado em Educação Matemática, duas possuem mestrado profissional em Ensino de Matemática, quatro estão cursando o mestrado profissional em Ensino de Matemática, uma possui Licenciatura em Matemática e outra está cursando Licenciatura em Química.

A partir da demanda da prática de uma das professoras, os integrantes definiram que o grupo se dedicaria a estudar e pesquisar sobre potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental, uma vez que este tema matemático seria objeto de pesquisa na dissertação de MP da professora. Ficou definido também que a metodologia utilizada seria a IBD, uma vez que esta poderia oferecer os aportes necessários para a realização de uma investigação teoricamente fundamentada e com vistas à prática da professora.

Para a etapa de elaboração da IBD, foram destinados oito encontros, sendo que, neste artigo, analisamos somente os quatro primeiros. O Quadro 1 apresenta a organização dos encontros, previstos para ocorrerem de setembro de 2021 a fevereiro de 2022, sendo destacados (em azul) os encontros a serem analisados neste artigo.

Quadro 1 – Planejamento dos encontros do grupo

Primeiro encontro	Discussão e análise coletivas de documentos curriculares sobre potenciação. Foram considerados documentos curriculares nacionais e documentos curriculares estaduais.
Segundo encontro	Discussão coletiva e apresentação (feita pela mestranda) de pesquisas científicas sobre Potenciação encontradas no levantamento bibliográfico realizado pela mestranda.
Terceiro encontro	Discussão coletiva sobre o pensamento algébrico.
Quarto encontro	Discussão coletiva e apresentação (feita pela mestranda) de livros didáticos para o 6º ano do Ensino Fundamental, dando maior atenção às seções que se referem à Potenciação.

Quinto encontro	Elaboração coletiva de uma proposta de teste diagnóstico para o 6º ano do Ensino Fundamental. Trata-se de um teste diagnóstico considerando os conhecimentos prévios necessários para a aprendizagem de Potenciação.
Sexto encontro	Elaboração coletiva de conjecturas (dimensão didático-pedagógica e dimensão do conteúdo) sobre o ensino de Potenciação.
Sétimo encontro	Construir/elaborar uma sequência didática sobre Potenciação, pautada em tarefas matemáticas, a partir de todas as discussões realizadas nos encontros anteriores.
Oitavo encontro	Construir/elaborar uma sequência didática sobre Potenciação, pautada em tarefas matemáticas, a partir de todas as discussões realizadas nos encontros anteriores.

Fonte: Grupo de estudos e pesquisa

A escolha por analisar somente os quatro primeiros episódios se deu pelo fato de estes serem destinados especificamente a estudos teóricos, sem entrar na parte de elaboração da proposta de ensino, etapa que será objeto central do PE da pesquisa de MP em andamento. Além disso, no momento do início da escrita deste artigo, somente os quatro primeiros encontros haviam ocorrido.

Antes de cada encontro, todos os integrantes deveriam realizar a leitura dos materiais a serem debatidos no dia, a fim de que as discussões fossem relacionadas a aspectos centrais dos materiais. Para o primeiro encontro, as discussões foram norteadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelo Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP). No segundo encontro, foram debatidas duas dissertações de mestrado (Paias, 2009; Melo, 2020) e uma tese de doutorado (Paias, 2019). Como as dissertações e tese não são curtas e demandam tempo para leitura e discussão, os integrantes do grupo foram orientados, pela professora que desenvolvia a pesquisa de MP, a darem atenção aos capítulos de Fundamentação Teórica que versavam especificamente sobre Potenciação e, também, às Análises e Considerações Finais. No terceiro encontro, a discussão sobre o pensamento algébrico foi realizada tomando como base o artigo de Canavarro (2007). Já no quarto encontro, foram utilizados os livros didáticos Bongiovani, Leite & Laureano (1992), Giovanni & Castrucci (1992), Andrini & Vasconcellos (2015) e Giovanni Júnior & Castrucci (2018).

Os encontros do grupo não tinham como objetivo analisar os materiais mencionados. A intenção era que os materiais (dissertações, tese, artigo, documentos curriculares e livros didáticos) fomentassem as discussões e para posterior elaboração tanto das conjecturas (dimensão do conteúdo e dimensão didático-pedagógica) como da sequência de ensino a ser desenvolvida em uma turma de 6º ano do Ensino Fundamental.

As gravações dos encontros estão disponibilizadas para todos do grupo e os áudios dos quatro encontros foram integralmente transcritos. Para manter o anonimato dos participantes, usamos nomes fictícios neste texto.

Feitas as transcrições, foi realizada uma primeira leitura, buscando ter mais clareza sobre os dados e iniciando o processo de identificar a mobilização do subdomínio SCK do MKT pelos integrantes do grupo enquanto discutiam diversos aspectos relacionados à potenciação. Em seguida, uma nova leitura foi realizada no sentido de selecionar os “eventos críticos” (Powell, Francisco & Maher, 2004) a serem analisados. Segundo Powell, Francisco & Maher (2004, p. 22), um evento

é chamado *crítico* quando demonstra uma significativa ou contrastante mudança em relação a uma compreensão prévia, um salto conceitual em relação a uma concepção anterior [...]. Momentos contrastantes significativos podem ser eventos que confirmam ou contradizem hipóteses de pesquisa; eles podem ser instâncias de vitórias cognitivas, esquemas conflitantes ou generalizações ingênuas; eles podem ser qualquer evento que seja de alguma forma significativo para a agenda de uma pesquisa.

Assumimos como sendo um “evento crítico” momentos em que um participante externaliza alguma mudança (em relação a uma concepção anterior) em seu conhecimento matemático ou quando um participante mobiliza o SCK de maneira a oportunizar aos demais novos diálogos ou compreensões. Além disso, também consideramos um “evento crítico” trechos de discussões que nos permitiram organizar a conjectura da dimensão do conteúdo. Nosso foco nesta pesquisa não está em identificar o número de vezes que o SCK foi manifestado, isto é, não buscamos quantificar os resultados. Nosso foco é mostrar que a experiência promovida pela IBD pode favorecer o desenvolvimento do conhecimento matemático, particularmente o SCK, dos professores durante a realização de uma pesquisa de MP pautada na IBD.

Descrição e análise dos dados

O grupo de professores já vinha se reunindo e estudando sobre a IBD antes de definirem, conjuntamente, que seriam destinados 8 encontros (Quadro 1) para realizar a etapa de elaboração de uma proposta de ensino de potenciação para o 6º ano. Essa decisão foi tomada no sentido de colocar em prática os estudos teóricos que estavam sendo realizados sobre a IBD. Conforme essa ideia de colocar em prática uma investigação baseada em *design* foi amadurecendo, também foi ganhando corpo uma percepção de que ao invés de focar, especificamente, o conceito de

potenciação, seria mais produtivo ampliar o olhar para o pensamento algébrico. Assim, o grupo considerou que o pensamento algébrico poderia favorecer o ensino e a aprendizagem de potenciação.

Por isso, no primeiro encontro (Quadro 1), o grupo já tinha definido que as discussões também envolveriam a matemática trabalhada desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Nesse aspecto, a proposta do grupo se difere de outras encontradas na literatura (Feltes, 2007; Paias, 2009, 2019; Santos, 2017; Melo, 2020) na medida em que o interesse está em resgatar aspectos do pensamento algébrico, possivelmente trabalhados em anos escolares anteriores, que favoreçam a aprendizagem de potenciação no 6º ano, isto é, o foco está na introdução da potenciação e não no ensino de potenciação e suas relações em anos escolares posteriores. O grupo não estava interessado, por exemplo, nas propriedades de potenciação ou na relação entre potenciação e radiciação.

No primeiro encontro do grupo, enquanto eram discutidos os documentos curriculares oficiais, os participantes comentaram a respeito da presença do pensamento algébrico desde os anos iniciais do Ensino Fundamental na BNCC.

[1] Ana: [...] *Então, a unidade temática Álgebra, por sua vez, tem como finalidade o desenvolvimento de um tipo especial de pensamento, o pensamento algébrico que é essencial. [...] Ele [o documento] não está falando aqui, necessariamente, de conteúdos. É uma forma de pensamento, pensamento algébrico, e ali nos anos iniciais já começa com ideias de regularidade, de generalização de padrões, que são características desse pensamento desde os anos iniciais. Ali fala “sem o uso de letras para expressar essas regularidades”, beleza, mas, isso não significa que não se deve trabalhar. [...] Não necessariamente para trabalhar álgebra você precisa colocar letras, você pode trabalhar pensamento algébrico de uma forma que não tenha letra, mas as ideias... do pensamento algébrico.*

[2] Lucas: [...] *eles já indicam essa necessidade de articulação da álgebra e dos números desde as séries iniciais. Esse é um apontamento importante e nos leva a olhar, então, o que tem antes? O que é anterior a essa notação convencional da potência? Então, quais são os conhecimentos prévios, no sentido de dar a base para que o aluno compreenda de fato essa operação?*

Em [1], Ana lê um trecho da BNCC que sugere o trabalho com o pensamento algébrico desde os anos iniciais. Em [2], Lucas questiona um ponto central para as discussões posteriores no grupo, que é: o que o estudante traz de conhecimentos prévios e que permite a ele compreender a notação convencional de potência no 6º ano? Algumas reflexões que emergiram no grupo foram na direção de debater como introduzir a potenciação sem colocar o foco somente na notação a^n .

A discussão coletiva a partir dos documentos curriculares oficiais (BNCC e CREP) e a presença dos professores Amélia e João que atuam nos anos iniciais do Ensino Fundamental permitiram ao grupo refletir a respeito de possíveis relações entre a matemática trabalhada nesse nível de ensino e o tema potenciação para o 6º ano. Algumas temáticas que surgiram foram: sequências numéricas e figurais, decomposição de um número natural de até cinco ordens, por meio de adições e multiplicações por potências de base 10, e o trabalho com combinação (árvore de possibilidades). O trecho abaixo ilustra o momento em que Amélia comenta sobre o ensino de decomposição de um número natural nos anos iniciais:

[3] Amélia: *Eu trabalho com o 4º ano, mas a potenciação nós não trabalhamos da forma como é introduzida já no 6º ano, essa composição e decomposição do número, né? Por meio de adições e a multiplicação por 10, isso eu faço com os alunos, a gente trabalha isso com eles, não sei isso está relacionado diretamente com a potenciação, pra falar bem a verdade eu sou bem leiga nesse assunto. [...] eu trabalho muito com o quadro de valor-lugar para a criança reconhecer o número. Então, tem as unidades, unidade já fala: “é unidade”, então, a potência de 10 começa lá na dezena, quando eu vou ter 10 unidades, então a potência de 10 é 10 da casa anterior e a gente vai até a 5ª ordem [...].*

Amélia explica com mais detalhes a maneira como aborda a decomposição de um número natural, indicando que há uma possível conexão para ser retomada com os estudantes no 6º ano, no momento da introdução da potenciação.

O segundo encontro foi crucial para aprofundar a compreensão conceitual sobre potenciação. Nele, foram debatidas as pesquisas de Paias (2009; 2019) e Melo (2020) e um aspecto que chamou a atenção dos professores foi o fato de Paias (2019) não considerar potenciação como uma operação, mas, sim, como uma representação. Paias (2019, p. 38) afirma:

Portanto, para nós, após este estudo mais aprofundado, assumimos também que a potenciação é uma representação no registro algébrico do objeto matemático potência. Entendemos que, mesmo no conjunto dos números naturais, a potenciação não é uma operação, pois não envolve um algoritmo entre seus elementos: base e expoente, de uma forma direta e sim representa um produto reiterado de fatores que é a base tantas vezes quanto for o expoente.

Paias (2019) constrói sua pesquisa pautada na teoria dos Registros de Representação Semiótica, desenvolvida por Raymond Duval, talvez por isso considere a representação como a característica principal do conceito. Vejamos a reação de Pedro a respeito dessa consideração de Paias (2019):

[4] Pedro: *[...] agora, lendo esses textos, a potenciação já começou a ser tratada não como uma quinta operação da matemática. Isso também chamou minha atenção porque eu nunca tinha parado para pensar a respeito, então parece que bagunçou um pouco a minha cabeça. [...] Eu gostei muito dessas duas dissertações [Paias (2009) e Melo (2020)] e da tese [Paias (2019)],*

porque na dissertação ela conta um pouquinho da história da potenciação, que era uma coisa que me chamava atenção, porque eu acho interessante você passar o conteúdo para o aluno e explicar através de uma história e aí depois na tese ela questiona a questão da operação, porque muitos livros trazem como uma nova operação matemática, quando na verdade não é, né? A hora que eu li a tese dela eu pensei: realmente não é uma operação nova, na verdade é uma representação.

Em [4], Pedro comenta um certo estranhamento com relação ao fato de que, segundo Paias (2019), a potenciação não é uma operação. Em seguida, Pedro parece concordar com Paias (2019), quando diz que “na verdade não é” uma nova operação, é uma representação. Sem atribuir juízo de valor, dizendo se está correto ou não a concepção de potenciação como uma representação e não uma operação, podemos perceber que o SCK foi mobilizado, uma vez que o professor pôde refletir sobre sua concepção anterior a respeito de potenciação, chegando a modificá-la, como é possível ver na última frase [4]. Em outros momentos, Pedro reforçou seu interesse nessa nova compreensão, quando comenta: “[...] eu foquei mais na questão daqueles conceitos que ela trouxe da questão de que não é uma operação nova”.

Entendemos que essa fala de Pedro [4] e outras (por exemplo, a fala [17] na sequência deste texto) caracterizam a mobilização/refinamento de seu SCK sobre potenciação porque evidenciam uma descoberta e, ao mesmo tempo, uma abertura para enxergar o conceito de forma diferente daquela como estava habituado. Abrir-se para uma nova concepção de potenciação (como uma representação e não, necessariamente, como uma operação) caracteriza-se como um conhecimento especializado, uma vez que é um trabalho específico do professor reconhecer diferentes interpretações para o mesmo conceito e suas implicações para a aprendizagem. Como veremos mais adiante neste texto, quando apresentamos a conjectura a respeito da dimensão do conteúdo de potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental, transitar entre as duas compreensões pode favorecer a leitura que o professor faz de seus alunos quando estão aprendendo, por exemplo, que $a^1 = a$.

Ainda nesse contexto, Ana faz uma comparação entre a dissertação de Paias (2009), a tese de Paias (2019) e o livro de Caraça (1951), um livro utilizado pela pesquisa de Melo (2020) e que estava sendo debatida naquele dia.

[5] Ana: *No mestrado ela não se preocupa em diferenciar potência de potenciação. O livro do Caraça faz uma diferenciação entre potência e potenciação. Potenciação ele entende como operação, potência ele entende como resultado. Então, isso é uma perspectiva. A gente não pode pensar que isso tá errado, é uma perspectiva que o livro adota, outros livros didáticos adotam. A nossa ideia daqui duas semanas é discutir um pouco sobre livros didáticos. Se abordam como uma operação, não vejo como um problema, porque, às vezes, tratar como uma operação pode*

trazer vantagem do ponto de vista didático e pedagógico. A questão é que a Paías, na tese dela, se fundamenta em uma teoria que é a teoria da representação semiótica que permite a gente olhar para a coisa com outro olhar. [...] É interessante, tem uma hora que ela fala que não considera como operação porque os números da base e do expoente, eu não opero com eles e é o que os alunos fazem e é aí que tá o erro. Se a gente entende então que é uma representação, vamos trabalhar esses aspectos.

Em [5], Ana argumenta que tudo se trata de uma perspectiva adotada: se entender potenciação como uma operação, temos algumas consequências didático-pedagógicas; se entender potenciação como uma representação, podemos ter outras consequências. No entanto, como aponta Ana, não precisamos assumir uma ou outra forma como sendo a correta. Apenas para ilustrar, para Caraça (1951), a potência pode ser definida como um produto de fatores iguais: $a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n$, $a^1 = a$. O número a , fator que se repete, chama-se *base*. O número n , número de vezes que a aparece como fator, chama-se *expoente*. O resultado chama-se *potência*. Para Caraça (1951), a base desempenha um papel *passivo*, enquanto o expoente desempenha um papel *ativo*.

A partir das discussões que estavam sendo realizadas, o grupo sentiu a necessidade de estudar a respeito do pensamento algébrico.

[6] Mario: *A gente vai discutir sobre pensamento algébrico nesses encontros ou é melhor deixar isso como referencial [...] da dissertação dela?*

[7] Ana: *Eu acho que a gente pode colocar um encontro só para isso, para a gente ter clareza. Inclusive aproveitar que vocês conhecem o pensamento algébrico para a gente pensar nessa questão sobre representação e de generalização, como que a gente pode encaixar isso na potenciação.*

Em [6] e [7] percebemos uma negociação no grupo a respeito do planejamento de um dos próximos encontros. Em [7], Ana comenta que a experiência de algumas professoras a respeito das diferentes caracterizações do pensamento algébrico pode contribuir para o debate e compreender melhor as possíveis relações entre a potenciação e esse pensamento. Ficou, então, decidido que o terceiro encontro (Quadro 1) seria destinado a estudar o pensamento algébrico a partir do texto de Canavarro (2007).

A linha de discussão no terceiro encontro foi, portanto, baseada em Canavarro (2007), que considera que o foco do pensamento algébrico está na generalização. De acordo com a autora, dois aspectos distinguem o pensamento algébrico de uma visão tradicional de Álgebra escolar. O primeiro é que

[...] no pensamento algébrico aceita-se que a notação algébrica convencional (envolvendo letras, sobretudo as últimas do alfabeto) não é o único veículo para exprimir ideias algébricas; a linguagem natural, e outros elementos como diagramas, tabelas, expressões numéricas, gráficos podem também ser usadas para expressar a generalização (Canavarro, 2007, p. 87).

Essa proposta de uso de uma linguagem não convencional para abordar potenciação já vinha sendo debatida no grupo desde o primeiro encontro, como pode ser percebido na fala do professor Lucas em [2]. Neste terceiro encontro, o grupo tentou conectar um pouco melhor a maneira como se pretende relacionar o pensamento algébrico com a ideia de potenciação. Vejamos o recorte do diálogo que segue.

[8] Pedro: [...] *depois que eu fiz a leitura do texto [(Canavarro, 2007)] e a gente está pensando na questão da potenciação, eu fiquei pensando: como que eu vou trabalhar a questão da potência e o pensamento algébrico? Eu não consigo pensar de uma forma é... sem trabalhar as propriedades.*

[9] Ana: *Num primeiro momento, a ideia é a gente nem pensar nas propriedades, é pensar no que significa a potenciação e em uma simbologia para essa operação, para a gente chegar nessa simbologia. Se nos anos iniciais a gente não trabalha com o x ou com n representando incógnita, aí chega no sexto ano, na potenciação, você vai colocar um n ... É claro que você começa com valores dados, 2 elevado a 3, 2 elevado a 4, aí depois você aumenta para outros mais usuais. Mas, quando você vai generalizar essa definição como um a elevado a n , você está colocando uma simbologia que, provavelmente pro aluno, vai gerar uma dificuldade, então, como que a gente pode trabalhar antes de chegar nesse a elevado a n ? Ideias que possam entender essa simbologia como uma coisa que simplifica um cálculo que seria $2 \times 2 \times 2 \times 2$ várias vezes. [...] Apenas como um símbolo mesmo, uma representação de algo que facilita uma conta que ele já conhece, que é a multiplicação. Esse é o ponto, a gente não precisa pensar nas propriedades, a ideia é: que características do pensamento algébrico ele possivelmente traz dos anos iniciais e que podem favorecer o uso dessa representação: a elevado a n ? Por exemplo, a gente conversou sobre o triângulo de Sierpinski. [...] traz a ideia da sequência numérica enquanto uma coisa mais aritmética, mas, tenta ver uma generalização e traz isso depois para uma generalização que possa levar à ideia de potenciação, eu acho que a ideia que eu estou pensando é mais ou menos nesse sentido. Entende?*

[10] Mario: *o processo né? [...] porque a ideia não é o registro, a representação algébrica da coisa, mas como que isso vai se dando até que o aluno consiga falar: ó professora eu acho que a gente pode representar dessa maneira, né?*

[11] Lucas: *isso, e indo além no sentido assim: em algum momento ele vai chegar naquela representação convencional, mas antes de chegar lá e quando ele chegar, ele entender o que que tá acontecendo aqui. [...] E uma coisa interessante também de pensar é que assim como o pensamento geométrico e outros pensamentos, que para o pensamento algébrico ele também não acontece assim de uma hora para outra, então precisa de um desenvolvimento, é um processo.*

Em [8], Pedro comenta que ainda não está compreendendo como abordar o tema potenciação com um olhar a partir do pensamento algébrico. O professor sugere o trabalho com as propriedades, que é posterior à introdução do conceito. Em [9], Ana reforça que a ideia não é usar as propriedades de potenciação, mas, sim, fazer uso de estratégias que conectem o que o

estudante possivelmente já esteja acostumado desde os anos iniciais para, aos poucos, introduzir a simbologia convencional para representar potência. Mario, em [10], concorda com o foco no processo e não na simbologia. Na mesma direção, Lucas, em [11], complementa que o pensamento algébrico é algo a ser desenvolvido e não alguma coisa que ocorre de uma hora para outra.

No trecho do diálogo acima, consideramos que os professores do grupo tiveram a oportunidade de aprimorar seus SCK a respeito da potenciação na medida em que a discussão coletiva buscou ampliar e conectar esse conceito ao contexto mais amplo do desenvolvimento do pensamento algébrico e não como um conteúdo fixo e cujo início se dá *somente* no 6º ano. No caso específico de Pedro, quando afirma que não consegue pensar de uma forma sem trabalhar as propriedades de potenciação, entendemos que seu conhecimento especializado para ensinar potenciação está sendo estimulado durante a discussão, porque a proposta do grupo é não focar o ensino de potenciação por meio de suas propriedades, mas, sim, tentar articular a introdução da potenciação no 6º ano com ideias ensinadas nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Assim, entendemos que Pedro teve a oportunidade de aprimorar seu SCK quando tem sua maneira de ensinar confrontada com outra possibilidade, isso fica evidente em sua pergunta: “como que eu vou trabalhar a questão da potência e o pensamento algébrico?”.

No quarto e último encontro analisado neste artigo, o debate girou em torno de livros didáticos. Novamente, a ideia de potenciação ser considerada uma operação ou não foi central nas conversas. Ana iniciou o encontro retomando o que havia sido discutido nos grupos anteriores, perguntando:

[12] **Ana:** *Antes de começar, eu queria fazer um questionamento para a gente pensar, antes de entrar nos livros especificamente, mas, a partir do que a gente viu nos livros e a partir do que a gente viu nas pesquisas: o que vocês estão entendendo por potenciação e potência? Vai na linha daquela discussão: é operação? é representação? Mas, o que é potenciação?*

[13] **Amélia:** *Potenciação é a representação? E a potência seria o resultado?*

[14] **Ana:** *Isso. Aí essa representação, o que ela é? Vamos imaginar, 3 elevado a 4. Então, 3 vezes 3 vezes 3 vezes 3, isso é igual a 81. Nisso aí, o que é potenciação e o que é potência?*

[15] **Pedro:** *Potência é o resultado, 81. Potenciação é a operação.*

[16] **Ana:** *Como? O que é operação aí?*

[17] **Pedro:** *Operação da multiplicação dos fatores iguais. O que agora eu considero como se fosse uma representação, a potenciação é uma representação da multiplicação na verdade.*

[18] **Ana:** *O símbolo 3^4 , o que é isso?*

[19] **Regina:** *É uma representação.*

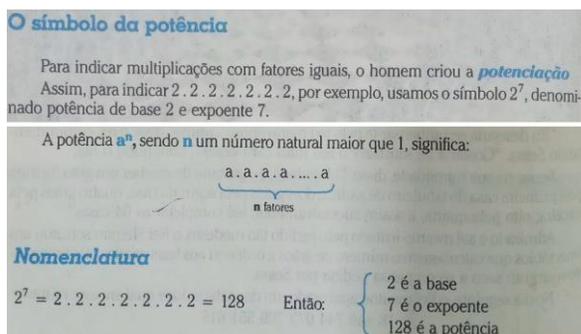
[20] **Ana:** *É uma representação! É que para mim isso ainda está muito estranho quando eu vejo os livros.*

[21] Regina: *Ou é uma forma simplificada, é uma representação de uma forma simplificada de uma multiplicação de fatores iguais. O que há algum tempo atrás eu incluiria como mais uma operação. Além das quatro [adição, subtração, multiplicação e divisão], eu falava a quinta [potenciação] e depois a sexta com a radiciação. Hoje não mais, hoje eu já não vejo assim.*

O trecho acima evidencia como os professores envolvidos no grupo, após a leitura dos textos sobre potenciação, passaram a incorporar a ideia de que a potenciação é uma representação. Os professores Amélia [13], Pedro [17] e Regina [21] externalizam isso. Tal fato explicita que o estudo no grupo colaborativo gerou reflexões e mudanças na concepção que os professores tinham a respeito do conceito, aprimorando seu SCK. Ana também mobiliza o SCK quando, em [20], menciona um estranhamento com relação a isso em sua leitura prévia dos livros didáticos.

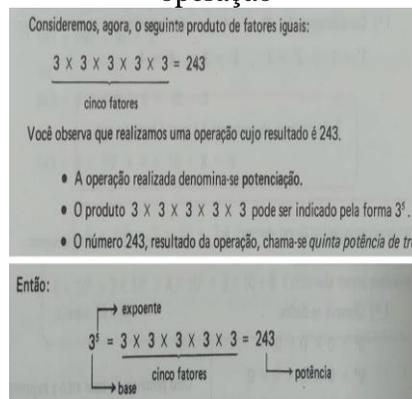
As Figuras 2 e 3 ilustram as abordagens de dois livros antigos, de 1992. Nelas, é possível notar que um dos livros (Figura 2) considera a potenciação como uma forma de indicar uma multiplicação de fatores iguais e, como Ana mencionou na discussão, a potenciação parece ser a notação. O outro livro (Figura 3) considera que a operação realizada ($3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$) que resultou em 243 é a potenciação, ou seja, a potenciação é a própria multiplicação de fatores iguais e não uma forma de indicar (ou de representar) a multiplicação de fatores iguais.

Figura 2 – Potenciação como uma notação



Fonte: Bongiovani, Leite & Laureano (1992, p. 62)

Figura 3 – Potenciação como uma operação



Fonte: Giovanni & Castrucci (1992, p. 57)

Outros aspectos foram levantados no grupo, como, por exemplo, o fato de, conforme a Figura 2, a^n ser chamado de potência e, ao mesmo tempo, o resultado (no caso particular, o 128) também ser chamado de potência. Para o SCK do professor, é relevante compreender o 2^7 e o 128 como potência e, ao mesmo tempo, como um número.

Essas nuances que envolvem o conceito e as discussões coletivas embasadas em documentos curriculares, textos científicos e livros didáticos oportunizaram aos docentes participantes do grupo momentos para mobilizarem e refinarem seus SCK a respeito da potenciação. Finalizamos a análise desse “evento crítico” reforçando que não foi nosso propósito neste artigo concluir se, do ponto de vista matemático, as discussões estão adequadas ou não. O que os dados evidenciaram foi que as discussões ampliaram o SCK dos professores sobre o tema potenciação, permitindo que enxergassem o conteúdo de outras formas, diferentes daquela que estavam habituados.

Considerações finais

Nesse artigo, tivemos como objetivo analisar o Conhecimento Especializado do Conteúdo (SCK) mobilizado/refinado por professores enquanto trabalham colaborativamente na etapa de preparação de uma IBD e, em seguida, elaborar uma conjectura referente à dimensão do conteúdo de potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental.

Em relação à primeira parte do objetivo, concluímos que os docentes puderam mobilizar/refinar seu SCK a respeito da potenciação quando se permitiram compreender a potenciação como uma representação (em [4], [13], [17], [19], [20] e [21]) e quando puderam ampliar o olhar sobre o tema matemático, na direção de estabelecer relações entre a aritmética (trabalhada nos anos iniciais) e a álgebra, por meio do pensamento algébrico (em [2], [8], [9], [10] e [11]). Em alguns momentos, o aprimoramento do SCK ficou evidente nas manifestações de mudança em relação a uma compreensão prévia (por exemplo, em [21]), em outros, a mobilização do SCK emergiu em algumas falas (por exemplo, em [2], [9] e [10]) e oportunizou um ambiente favorável para novas reflexões sobre o pensamento algébrico e potenciação.

Já em relação à segunda parte do objetivo, a partir dos dados descritos e analisados e com base nos preceitos da IBD, formulamos a seguinte conjectura a respeito da dimensão do conteúdo de potenciação para o 6º ano do Ensino Fundamental: i) a potenciação dever ser incluída no contexto mais amplo do pensamento algébrico, na medida em que a notação (convencional ou não) é parte constituinte do conceito e, também, considerando que a generalização é uma característica importante para sua compreensão; ii) a potenciação ora pode ser interpretada como uma operação (nesse caso, a potenciação é a multiplicação de fatores

iguais) ora pode ser interpretada como uma representação (nesse caso, a potenciação “é uma representação no registro algébrico do objeto matemático potência” (Paias, 2019, p. 38)).

Sobre o item i), entendemos que seja pertinente, ao professor, considerar que o estudante sai dos anos iniciais sem, provavelmente, ter trabalhado com letras para representar uma generalização e, quando ingressa no 6º ano, pode ser a primeira vez que se depara com uma notação como a de potenciação $a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n$. Nesse sentido, encarar a potenciação com o olhar do pensamento algébrico pode ser produtivo, relacionando com a aritmética já trabalhada nos anos iniciais. Sobre o item ii), acreditamos que transitar entre as duas compreensões pode trazer benefícios para SCK do professor, uma vez que cada uma delas pode trazer consequências. Por exemplo, encarar a potenciação como uma operação (multiplicação de fatores iguais) pode permitir ao professor compreender uma justificativa de $a^1 = a$ ser uma convenção e não um resultado da própria definição, uma vez que a não está sendo multiplicado por outro fator igual a ele (portanto, não há uma multiplicação). No caso de a potenciação ser tomada como uma representação, talvez faça algum sentido ao professor pensar que o número 1 do expoente de a^1 signifique a quantidade de vezes que o fator a se repete e, portanto, assumir que $a^1 = a$ seria tão “natural” quanto assumir que $a^2 = a \cdot a$, sem precisar considerar que $a^1 = a$ é uma convenção, mas algo que decorre da definição.

Sobre as contribuições da IBD, Ponte *et al.* (2016) destacam que a elaboração de materiais e a realização de experiências inovadoras em educação já acontecem constantemente nas escolas, elaboradas pelos próprios atores envolvidos. No entanto, muitas vezes, isso ocorre “[...] muito mais na experiência, intuição e criatividade dos seus proponentes do que nos seus fundamentos científicos e metodológicos (Gravemeijer & Cobb, 2006). O que a IBD procura trazer de novo é justamente uma base científica para a sua realização” (Ponte *et al.*, 2016, p. 82). Assim, a pesquisa aqui realizada, que se limitou a analisar apenas a fase de preparação de uma IBD, evidenciou que os encontros pautados na colaboração entre professores e em materiais (dissertações, tese, artigo, documentos curriculares e livros didáticos) que fomentassem as discussões, podem favorecer, também, o desenvolvimento do SCK dos envolvidos.

Por fim, cabe ressaltar que a IBD, obviamente, não é a única metodologia com características altamente intervencionistas e com forte orientação teórica e pragmática, o que a torna apropriada para uma pesquisa de MP. Do mesmo modo, não acreditamos que para uma pesquisa de MP a metodologia adotada precisa ter essas características. Nossa intenção neste

texto foi argumentar em favor dessa abordagem para dois dos propósitos principais de um MP: a elaboração de um PE e o desenvolvimento do MKT do professor que escolheu um MP. Outras abordagens metodológicas também podem atingir esses objetivos.

Referências

- Andrini, A., & Vasconcellos, M. J. (2015). *Praticando a Matemática*. São Paulo: Ed. do Brasil.
- Angeluci, A. C. B., Redigolo, G. L., Silva, P. S. F., & Arakaki, P. J. (2020). Design Science Research como método para pesquisas em TIC na educação. In *Congresso Internacional de Educação e Tecnologias/Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância* (pp. 1-13). São Carlos. CIET: EnPED - Congresso Internacional de Educação e Tecnologias/Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1023>. Acesso: em 16 jun. 2021.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <http://dx.doi.org/10.1177/0022487108324554>.
- Barbosa, J. C., & Oliveira, A. M. P. (2021). Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? *Perspectivas da Educação Matemática*, 8(18), 526-547. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462>. Acesso em: 18 out. 2021.
- Boavida, A. M., & Ponte, J. P. (2002). Investigação colaborativa: Potencialidades e problemas. In GTI (Org), *Refletir e investigar sobre a prática profissional* (pp. 43-55). Lisboa: APM. <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462>.
- Bongiovani, V., Leite, O. R. V., & Laureano, J. L. T. (1992). *Matemática e Vida: Trabalhando com Números, Medidas e Geometria* (4a ed.). São Paulo: Ática.
- Brasil, (2019). *Documento de Área – Ensino*. CAPES. Brasília. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/1462>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of The Learning Sciences*, 2(2), 141-178. Disponível em: <https://www.uio.no/studier/emner/uv/iped/PED4550/h14/pensumliste/brown-1992.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- Canavarro, A. P. (2007). O pensamento algébrico na aprendizagem da Matemática nos primeiros anos. *Quadrante*, 16(2), 81-118. Disponível em: https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/4301/1/Quadrante_vol_XVI_2-2007-pp000_pdf081-118.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

- Caraça, B. J. (1951). *Conceitos Fundamentais da Matemática* (1a ed.). Lisboa: Fotogravura Nacional.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). *Designing Experiments In Educational Research*. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13. Disponível em: <http://media.loft.io.s3.amazonaws.com/attachments/Design%20experiments%20in%20educational%20research.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In Scanlon, E., & O'Shea, T. (Eds.). *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1088679](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1088679). Acesso em: 18 jan. 2021.
- Esteban, M. P. S. (2010). *Pesquisa qualitativa em educação: fundamentos e tradições*. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda.
- Feltes, R.Z. (2007). *Análise de erros em potenciação e radiciação: um estudo com alunos de ensino fundamental e médio*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Em Ciências e Matemática Pontifícia, Universidade Católica do Rio Grande Do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/3438>. Acesso em: 17 jan. 2021.
- Fiorentini, D., & Crecci, V. (2013). Desenvolvimento profissional docente: um termo guarda-chuva ou um novo sentido à formação? *Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores*, 5(8), 11-23. Disponível em: <https://revformacaodocente.com.br/index.php/rbfpf/article/view/74>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- Giovanni, R. J., & Castrucci, B. (1992). *A Conquista da Matemática*. São Paulo (SP): FTD.
- Giovanni Junior, R. J., & Castrucci, B. (2018). *A Conquista da Matemática* (4a ed.). São Paulo: FTD.
- Van Den Akker, J., Gravemeijer, K., Mckenney, S. & Nieveen, N. (2006). Introduction to educational design research. In Van Den Akker, J., Gravemeijer, K., Mckenney, S. & Nieveen, N. (Eds.). *Educational design research* (pp.151-158). London, United Kingdom: Routledge. Disponível em: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/14472302/Introduction_20to_20education_20design_20research.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.
- Kneubil, F. B., & Pietrocola, M. (2017). A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 22(2), 1-16. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/310>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- Marcelo, C. (2009). Desenvolvimento profissional docente: passado e futuro. *Sísifo: Revista de Ciências da Educação*, 8, 7-22. Disponível em: <http://sisifo.ie.ulisboa.pt/index.php/sisifo/article/view/130>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- Mata-Pereira, J., Ponte, J. P. (2018). Promover o raciocínio matemático dos alunos: uma investigação baseada em design. *Bolema*, 32(62), 781-801. Disponível em:

- <https://www.scielo.br/j/bolema/a/JbLWRnZGLJmBYCNYRm4P76J/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- Matta, A. E. R., Silva, F. P. S. & Boaventura, E. M. (2014). Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. *Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade*, 23(42), 23-36. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/pt/revista/revista-da-faeeba/articulo/design-based-research-ou-pesquisa-de-desenvolvimento-metodologia-para-pesquisa-aplicada-de-inovacao-em-educacao-do-seculo-xxi>. Acesso em: 16 ago. 2021.
- Melo, M. C. P. (2020). *A resolução de problemas: uma metodologia ativa no ensino de matemática para a construção dos conteúdos de “potenciação e radiciação” com alunos do ensino fundamental*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR. Disponível em: https://issuu.com/lfeditorial/docs/produtos_educacionais. Acesso em: 16 jan. 2021.
- Menezes, L., & Ponte, J.P. (2010). Investigação colaborativa de professores e ensino da Matemática: caminhos para o desenvolvimento profissional. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 1(1), 1-32. Disponível em: <https://jjeem.pgskroton.com.br/article/view/148>. Acesso em: 13 ago. 2021.
- Nacarato, A. M., Mengali, B. L. Da S. & Passos, C. L. B. (Coord.). (2017). *A matemática nos anos iniciais do ensino fundamental: tecendo fios do ensinar e do aprender*. Belo Horizonte, MG: Autêntica.
- Paías, A. M. (2009). *Diagnóstico dos erros sobre a operação potenciação aplicado a alunos os Ensinos Fundamental e Médio*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11385>. Acesso em: 21 jun. 2021.
- Paías, A. M. (2019). *Obstáculos no Ensino e na Aprendizagem do Objeto Matemático Potência*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/22519/2/Ana%20Maria%20Paías.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- Ponte, J. P., Carvalho, R., Pereira, J. M., & Quaresma, M. (2016). Investigação Baseada em Design para Compreender e Melhorar as Práticas Educativas. *Quadrante*, 25(2), 77-98. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/28786>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- Ponte, J. P., & Oliveira, H. (2002). Remar contra a maré: a construção do conhecimento e da identidade profissional na formação inicial. *Revista de Educação*, 11(2), 145-163. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/3167>. Acesso em: 19 fev. 2022.
- Ponte, J. P., & Serrazina, L. (2003). Professores e formadores investigam a sua própria prática: o papel da colaboração. *Zetetiké*, 11(20), 51-84. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3992/1/03-Ponte-Serrazina%20%28Zetetike%29.pdf>. Acesso em 21 jan. 2022.

- Powell, A. B., Francisco, J. M., & Maher, C. A. (2004). Uma abordagem à Análise de dados de vídeo para investigar o desenvolvimento de idéias e Raciocínios Matemáticos de Estudantes. *Bolema*, 21(17), 81-140. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10538>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- Prediger, S., Gravemeijer, J., & Confrey, J. (2015). Design research with a focus on learning processes: an overview on achievements and challenges. *ZDM Mathematics Education*, 47(6), 877-891. Disponível em: http://www.mathematik.tu-dortmund.de/~prediger/veroeff/15-ZDM_DesignResearch-Overview-Prediger-Gravemeijer-Confrey_Webversion.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.
- Rôças, G., & Bomfim, A. M (2018). Do Embate à construção do Conhecimento: A importância do debate científico. *Ciênc. Educ.* (Bauru), 24(1), 3-7. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/gNGrBJyLFQnV8qmwqR7bPHN/?lang=pt>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- Santos, N. O. (2017). *O Ensino de Potenciação por atividades*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade do Estado do Pará, Belém. Disponível em: https://ccse.uepa.br/ppged/wp-content/uploads/dissertacoes/10/neuza_oliveira_dos_santos.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. Disponível em: <https://www.wcu.edu/webfiles/pdfs/shulman.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Disponível em: <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- Silva, J. P. da., & Moreira, P. C. (2021). Formação Matemática na Licenciatura e Demandas da Prática Docente Escolar: o Caso da Álgebra. *Perspectivas da Educação Matemática*, 14(35), 1-32. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/13258>. Acesso em: 26 set. 2021.
- Soares, G. de O., Pigatto, A. G. S., & Bisognin, E. (2019). A Pesquisa Baseada em Design (PBD): um levantamento de trabalhos realizados no ensino de Matemática. *Revista Thema*, 16(2), 301-312. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/1219>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-24. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30221206>. Acesso em: 14 ago. 2021.

Autores:

Henrique Rizek Elias

Licenciado e Bacharel em Matemática pela Universidade de São Paulo (USP campus São Carlos). Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de

Londrina (UEL). Atualmente é docente do Departamento Acadêmico de Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR *campus* Londrina) e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT) da UTFPR dos *campi* Cornélio Procópio e Londrina.

E-mail: henriqueelias@utfpr.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9660-7303>

Daniele Peres da Silva Martelo

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é professora de escolas da Educação Básica do estado do Paraná, município de Primeiro de Maio.

E-mail: dani-peres@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9881-5907>

Laís Cristina Viel Gereti

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é professora do Departamento de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, *campus* Blumenau (UFSC).

E-mail: laisgereti@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5258-2757>

Susana de Fátima Lopes

Licenciada em Matemática pela Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari (FAFIMAN), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT) da UTFPR dos *campi* Cornélio Procópio e Londrina. Atualmente é professora do Departamento de Matemática da FAFIMAN e professora (Processo Seletivo Simplificado – PSS) do estado do Paraná.

E-mail: susanaflopes@yahoo.com.br

<https://orcid.org/0000-0003-4680-1260>

Como citar o artigo:

ELIAS, H. R.; MARTELOZO, D. P. S.; GERETI, L. C. V.; LOPES, S. F. Conhecimento Especializado de Potenciação mobilizado por professores a partir de uma Investigação Baseada em *Design*. **Revista Paradigma**, Vol. XLIII, Edición Temática: Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática, pp 404-431, mayo, 2022.