



Implementação de Pesquisas em Resolução de Problemas parcerias de coaprendizagem

Flávia Sueli Fabiani **Marcatto**

Instituto de Matemática e Computação - Universidade Federal de Itajubá
Brasil

flaviamarcatto@unifei.edu.br

Resumo

Esta comunicação discute a implementação de resultados de pesquisas em Resolução e Proposição de Problemas, em parcerias de coaprendizagem na formação de professores de matemática. Foi adotada uma investigação disciplinada, onde professores de matemática adotam e adaptam práticas e processos de pesquisa em uma parceria de coaprendizagem com pesquisadores em Educação Matemática. A estrutura teórica e organizacional que orientou foi a Aliança Professor-Pesquisador para a Investigação da Aprendizagem em Matemática, que situa professores como integrantes na pesquisa, seja para a sua aprendizagem profissional ou para ampliar os conhecimentos inerentes em Educação Matemática. A metodologia utilizada é a Pesquisa Baseada em Design. O objetivo foi promover a colaboração e a confiança entre pesquisadores e professores, para um maior envolvimento de professores na produção de conhecimento e na investigação disciplinada para o seu crescimento profissional, proporcionando o desejado processo de construção de pontes entre pesquisadores e professores, aproximando pesquisa e prática.

Palavras-chave: Educação matemática; Proposição de problemas; Desenvolvimento profissional de professores de matemática; Pesquisa baseada em design; Comunidades de aprendizagem profissional.

Introdução

A Resolução de Problemas (RP) foi e é fundamental na construção do conhecimento matemático, desde o início da história humana. Assim, é amplamente aceito que a RP deve ser uma atividade fundamental nas salas de aula de matemática. Os entendimentos sobre essa afirmação foram postos na discussão educacional há mais de 70 anos por George Polya, com a

publicação do seu livro *How to Solve It: a new aspecto of mathematical method*, em 1945 e lançado no Brasil em 1975 com o título “A Arte de Resolver Problemas”.

Desde então, pesquisadores vem desenvolvendo teorias e programas (Schoenfeld, 1985; Silver, 1994; Burkhardt & Li 2013; Cai & Hwang, 2020), e experimentos para a introdução da RP nas salas de aula como parte da atividade matemática regular. Trabalhos seminais como o de Polya (1945) e posteriormente Schoenfeld (1985), com o livro *Mathematical Problem Solving*, produziram muitas orientações para o ensino.

Apesar desses esforços e conquistas, ainda há um longo caminho a percorrer antes que a RP seja considerada uma atividade regular em salas de aula reais, com alunos estudando matemática através da resolução de problemas, “bem como de seu irmão mais novo, a proposição de problemas” (Liljedahl & Cai, 2021, p. 723, tradução nossa).

A incorporação sistemática, da Resolução e da Proposição de Problemas (PP), nos currículos e na prática da matemática escolar pode ser vista como um caso específico de implementação de inovação. (Koichu, Cooper & Widder, 2022) No entanto, a RP pode assumir várias formas, em salas de aula de matemática, desde a resolução de exercícios práticos de rotina até processos menos comuns e mais complexos de lidar com tarefas não rotineiras sem uma estratégia de resolução pré-definida. Ao assumir várias formas nas salas de aulas reais, a RP, pode tornar-se um conceito difuso que pode levar a entendimentos equivocados.

Resultados nem sempre desejáveis na longa história de tentativas de ensinar matemática como uma disciplina baseada em problemas, cabe perguntar: por que isso acontece? Mesmo com “avanços impressionantes, a pesquisa sobre RP em ambientes escolares permanece em grande parte atórica” e ainda precisamos saber mais sobre o papel do professor na instrução, o que está acontecendo nas salas de aulas reais e “como reconceituar RP para que a(s) nova(s) conceituação(ões) seja(m) útil(eis) na prática” (Koichu, Cooper & Wider, 2022, p. 79, tradução nossa).

Mason (2016) defende que a preservação da natureza da RP como uma atividade matemática em contextos instrucionais, em qualquer nível, requer uma compreensão profunda, seja por pesquisadores, seja por professores. Para ele, o verdadeiro problema é o “quando” e não “o que”, ou seja, a questão de “quando introduzir tarefas exploratórias, quando intervir e de que forma” (Mason, 2016, p. 263).

Investigadores em RP clamam por uma abordagem mais prática (Onuchic, 1999; Marcatto & Onuchic, 2021) e ao mesmo tempo uma abordagem de pesquisa mais holística (Mason, 1996; Chapman, 2015; Koichu, Cooper & Wider, 2022).

O objetivo do projeto de pesquisa do qual essa comunicação faz parte é implementar a Resolução de Problemas (RP) e a Proposição de Problemas (PP) matemáticos, como uma sequência dinâmica de atividades pretendidas, planejadas, encenadas e vivenciadas, moldadas por pesquisadores, professores, futuros professores e alunos, na Educação Básica, através de parcerias de coaprendizagem professor-pesquisador.

A pergunta que direciona essa investigação é: o que podemos adotar e adaptar (pesquisadores, professores e futuros professores) das pesquisas sobre RP e PP para salas de aula de matemática reais da Educação Básica? As implementações poderão sofrer modificações, de acordo com as necessidades do contexto, mantendo as ideias e os princípios centrais.

Referencial Teórico

Estudos de Implementação, de resultados de pesquisa em Educação Matemática (EM), ganharam a atenção de pesquisadores nos últimos anos, considerando que existe muito conhecimento acumulado, com potencial para melhorar a prática de ensino de matemática. Por outro lado, existe também uma tendência de que esse conhecimento não encontre caminho nas salas de aula e nos programas de formação de professores.

Koichu, Aguilar e Misfeldt (2021) conceituam a implementação na EM como uma ruptura ecológica em um sistema de EM particular, através do endosso gradual da inovação em conjunto com um plano de ação para resolver o que é percebido como um problema por (pelo menos alguns dos) interessados envolvidos. A característica definidora da implementação é que ela ocorre na interação entre os proponentes da inovação e do plano e os adaptadores da inovação.

A pesquisa relacionada à implementação, adotada no contexto desse estudo, será de uma investigação educacional disciplinada, onde professores de matemática adotam e adaptam práticas e processos de pesquisa em parcerias de coaprendizagem com pesquisadores em EM (Pinto & Koichu, 2021). Essas parcerias serão constituídas como Comunidades de Aprendizagem Profissional (CAPs), definidas por Brodie (2020) como casos especiais de comunidades de prática, onde os membros se envolvem em aprendizado profissional, o que implica em se tornar competente e confiante sobre a base de conhecimento da profissão e usá-la para tomar e justificar decisões e desenvolver agência e identidade profissionais.

Há uma tendência de responsabilizar os professores pelo fracasso escolar de seus alunos e talvez por isso a maioria das pesquisas em EM é realizada tendo os professores como objetos de pesquisa, cooperando para a coleta de dados ou colaborando para melhorar a compreensão do ensino e aprendizagem da matemática escolar. Nesse sentido, é desejável que os professores de matemática deixem de ser objetos de pesquisa e se tornem parceiros de pesquisa.

Vários estudos anteriores indicaram que a influência do desenvolvimento profissional (DP) na prática da sala de aula é mediada pelos contextos escolares em que os professores trabalham (Cobb et al., 2003; Cobb & Jakson, 2015; Cobb & Jakson, 2021). Aspectos desses contextos, segundo Cobb e Jakson, (2021) incluem os materiais instrucionais e os recursos associados aos quais os professores têm acesso, apoios formais e informais para que esses usem, os materiais e os recursos, de forma eficaz (por exemplo, reuniões colaborativas de professores com regularidade, redes informais de coaprendizagem), pessoas as quais os professores são responsáveis e como eles se percebem responsáveis.

Com base nessas descobertas de pesquisas anteriores, depreende-se que a melhoria instrucional envolve a aproximação, a coleta de dados, a análise desses dados, o conhecimento e a reorganização dos contextos escolares nos quais os professores trabalham para que se consiga apoiar a melhoria contínua de suas práticas instrucionais.

Também é importante que os suportes estejam próximos da prática instrucional (Ball, Thames & Phelps, 2008), o que implica que esses precisam se concentrar diretamente no que se espera que os professores e futuros professores façam em seu trabalho e nas ferramentas que usarão. Portanto, será crucial apoiar os professores no desenvolvimento de uma maneira de entender como as novas ferramentas (por exemplo, resolução e proposição de problemas matemáticos) se encaixam ou não em sua prática atual. Além disso, será importante que os professores percebam a necessidade da ferramenta projetada para abordar o que eles percebem como um problema da prática atual, ou que deve ser cultivada a necessidade da ferramenta durante o DP.

No Brasil não há referência na literatura nacional, em Educação Matemática, de parcerias de coaprendizagem professor-pesquisador (Koichu & Pinto, 2018; Pinto & Koichu, 2021), estruturadas na perspectiva teórico-organizacional da aliança professor-pesquisador para a investigação da aprendizagem matemática (APPIAM).

No que tange as parcerias de coaprendizagem para o desenvolvimento de competências de pesquisa de professores em salas de aula de matemática se dará por meio do envolvimento na investigação (acadêmica) em RP e PP. Ao invés de aceitarem uma agenda pronta de pesquisa, os professores de matemática em salas de aula reais, estabelecem parcerias de trabalho com pesquisadores para traduzir os objetivos de ambos (professor e pesquisador), em uma nova agenda com interesses comuns.

A APPIAM é um modelo de implementação de pesquisa em EM, em salas de aula reais, através da colaboração entre professores e pesquisadores. Portanto, é uma estrutura teórico-organizacional para apoiar, aprimorar e ampliar parcerias entre pesquisadores e professores em sala de aula, com base em cinco princípios: crescimento profissional por meio do envolvimento ativo em todas as etapas da pesquisa; autenticidade da pesquisa, professores e pesquisadores se envolvem em questões importantes para ambos e que possam levar a resultados cientificamente sólidos e implementáveis; oportunidade de compartilhar a agência sobre a parceria para ambas as comunidades (professores de matemática e pesquisadores em EM); oportunidade de escolha que implica na participação dos professores na pesquisa de forma estável e produtiva; dualidade de criação e uso de novos conhecimentos, na cocriação de novos conhecimentos em projetos APPIAM, aumentando as chances de que esse conhecimento seja usado na prática e impacte o campo de atuação. (Koichu & Pinto, 2018)

A investigação do professor é um esforço sistemático para desenvolver novos conhecimentos ou compreensões em um ambiente educacional, realizado por alguém que trabalha, ou venha a trabalhar, nesse ambiente, em colaboração com profissionais que trabalham em ambientes semelhantes. Inclui práticas que também são pertinentes à pesquisa ou à investigação disciplinada (conduzida em comunidades científicas). Estas envolvem: ouvir os alunos; examinar seus trabalhos; avaliar o que os alunos sabem ou como pensam; examinar materiais de ensino; conceber tarefas e observar como os alunos se envolvem com elas; comparar diferentes abordagens de ensino; conversar com os colegas sobre as diferentes abordagens de ensino; conversar com colegas sobre questões educacionais; partilhar experiências em fóruns e muito mais. Os professores interpretam o currículo escrito pretendido e o adaptam para um currículo

implementado em sala de aula, recorrendo a vários recursos para fazer sentido e adaptam ainda, materiais didáticos para atender as necessidades e objetivos da prática em salas de aulas reais.

Em contraste com a onipresença da RP na matemática escolar, a PP Matemáticos, “processo de formular e expressar um problema dentro do domínio da matemática”, tem sido bem menos proeminente na matemática da Educação Básica (Cai & Hwang, 2020, p. 6, tradução nossa). De acordo com Cai e Hwang (2020) há uma necessidade premente de investigar como os professores aprendem a usar a formulação de problemas para ensinar matemática, na sala de aula. Koichu e Kontorovich (2013) descobriram, em seus estudos, que combinar a exploração e a RP com a PP ajudou futuros professores a apresentar problemas mais interessantes.

No ensino por meio da RP, a aprendizagem ocorre durante o processo de resolução de problemas (Schoenfeld, 1985, 1989; Marcatto & Onuchic, 2020). À medida que os alunos resolvem problemas, eles levam tempo para pensar em possíveis soluções e, em seguida, usam qualquer abordagem que possam pensar, baseiam-se em qualquer conhecimento que aprenderam e justificam suas ideias de maneiras que consideram convincentes. O ambiente de aprendizagem da RP é um cenário natural para os alunos trabalharem, individualmente ou em grupo, com suas resoluções e depois as apresentarem para toda a turma. Ao se envolverem nesse processo, eles têm oportunidades de aprender matemática por meio de interações sociais, negociação de significado e construção de um entendimento compartilhado. Tais atividades os ajudam a esclarecer suas ideias e adquirir diferentes perspectivas do conceito ou ideia que estão aprendendo. Ao contrário da RP o foco da PP está na geração de problemas, com base em situações (Silver, 1994; Cai & Hwang, 2020) e os problemas são os objetos de estudo. Portanto, no ensino através da PP a aprendizagem ocorre durante a (re)formulação e discussão de problemas propostos.

Os livros didáticos de matemática ainda podem ser instrumentos de mudança na educação, de forma direta e indireta. Na forma direta, através da implementação de novas práticas ou abordagens de conteúdo. Na forma indireta servindo, como plataforma dentro das quais os professores fazem interpretações, com base no que está proposto no livro, para alcançar novos objetivos para os estudantes. Portanto, a falta de tarefas de PP, bem como orientações sobre como ensinar usando a PP, nos materiais curriculares, pode ser vista como uma oportunidade para a implementação nas salas de aula, dentro do espaço interativo e interpretativo de professores e livros didáticos.

Por outro lado, na perspectiva sociocultural da RP um problema é considerado como uma tarefa dada e recebida em uma situação social, construída pelos participantes nela envolvidos. Na perspectiva sociocultural os resolvedores do problema proposto “estão envolvidos na interpretação das ações uns dos outros, ao mesmo tempo em que se adaptam às práticas de aprendizagem social e contribuem para a evolução destas práticas”. (Cobb & Jackson, 2021, p.83, tradução nossa)

Portanto, nesse estudo, utilizaremos a estrutura conceitual da cadeia de implementação de RP e PP proposta por Koichu, Cooper e Widder (2022), onde a RP e a PP: (i) pretendida denota a visão daquele que propõe um problema, (ii) planejada para denotar a visão dos professores sobre o problema proposto no DP, (iii) encenada que denota o que acontece na sala de aula a partir do

planejamento, na perspectiva do professor, e (iv) vivenciada para denotar o que acontece na perspectiva dos alunos.

Metodologia

Em cada ciclo de DP, professores e pesquisadores, formulam conjuntamente questões de pesquisa, projetam atividades, desenvolvem métodos apropriados de coleta de dados nas salas de aula dos professores participantes, criam banco de dados de episódios de aula documentados e, em seguida trabalham colaborativamente na análise dos episódios e tiram conclusões. Portanto, a metodologia que apoia esta pesquisa é a Pesquisa Baseada em Design. A DBR como uma metodologia de pesquisa combina sistematicamente dois objetivos: (1) melhorar o ensino da disciplina em sala de aula, projetando arranjos de ensino e aprendizagem para um determinado tópico, e (2) gerar contribuições teóricas, através da pesquisa empírica para compreender os processos de ensino e aprendizagem iniciados para um determinado tema. (Cobb et. al. 2003).

De acordo com Brodie (2020) alguns tipos de ferramentas e recursos são importantes para o trabalho profissional colaborativo e a aprendizagem entre os professores: conhecimento, material e logístico, afetivo e humano. Compreendendo que esses recursos funcionarão de formas diferentes em diferentes contextos, podendo ainda restringir algumas formas de pesquisa, o Quadro 1 foi elaborado para esclarecer os recursos necessários, apresentados por Brodie (2020) (coluna da esquerda) e como estão disponíveis, no Brasil (coluna da direita).

Fizeram parte desta comunidade de aprendizagem profissional, quatro professores de matemática, com turmas no Ensino Médio, com anos coincidentes, em duas escolas distintas.

Quadro 1:

Recursos necessários e disponíveis no Brasil.

Recursos	Recursos (no Brasil)
Conhecimento Conhecimento do conteúdo matemático e conhecimento pedagógico do conteúdo.	Conhecimento Conhecimento de conteúdo de RP: conhecimento de problemas, RP e PP. Conhecimento pedagógico de RP: conhecimento dos estudantes como resolvedores de problemas; práticas instrucionais para a RP.
Material Planos de aula, tarefas e livros didáticos, vídeos de práticas, protocolos para conversas e recursos tecnológicos.	Material Planos de aula, tarefas e livros didáticos e recursos tecnológicos.
Logística <i>Tempo</i> para as comunidades trabalharem juntas e os <i>espaços</i> apropriados para que esse trabalho aconteça	Logística <i>Tempo e espaços</i> apropriados (online)
Afetivo Para que os professores ensinem bem, eles precisam de sensibilidade emocional para si e seus alunos. Para que trabalhem juntos, de forma produtiva, precisam ser capazes de desafiar o pensamento e as práticas uns dos outros. É necessário segurança e confiança.	Afetivo É necessário desenvolver: sensibilidade emocional para si mesmos e seus alunos e para que trabalhem juntos, de forma produtiva, precisam ser capazes de desafiar o pensamento e as práticas uns dos outros. É necessário desenvolver segurança e confiança.

<p>Humano Todas as pessoas envolvidas em grupos colaborativos e de apoio à aprendizagem profissional (pesquisadores, professores e alunos)</p>	<p>Humano Pessoas envolvidas em grupos colaborativos e de apoio à aprendizagem profissional (CAPs). As CAPs envolverão pesquisadores, professores, futuros professores e alunos.</p>
---	---

Fonte: Adaptado de Brodie (2020)

Os métodos de coleta de dados incluirão a observação das sessões de formação de professores através de plataformas digitais (gravação dos encontros síncronos) e das interações (assíncronas) realizadas nas plataformas, bem como entrevistas com os participantes (gravadas em áudio). Esta pesquisa utilizará da análise de documentos de professores e futuros professores, produções escritas em sessões e reflexões finais no decorrer de todo o processo (incluindo relatos de suas aulas e relatórios finais), como também as anotações da pesquisadora-participante responsável pelas sessões de DP.

Considerações finais

Nas salas de aula dos professores, envolvidos nesse estudo e agora membros dessa comunidade de aprendizagem profissional, o início da aula era marcado por uma exposição do professor, seguida pela replicação do aluno, e a consolidação do professor e sua lição com a verificação de erros e acertos dos alunos. A principal referência é o livro didático.

A principal discussão, trazida para a CAP é a ‘falta de tempo’, um recurso tido como importante no contexto dessa comunidade. Outra questão que merece destaque é a falta de engajamento social, cognitivo e comportamental, com sensível piora na retomada do pós-pandemia.

Desse modo, as questões de discussão iniciais dessa comunidade envolveram: o recurso tempo, o conhecimento do professor sobre resolução e proposição de problemas matemáticos e o estudo sobre o engajamento dos alunos nas atividades de sala de aula.

Portanto, a prática educacional é mais complexa do que qualquer teoria que tente encapsulá-la em uma rede particular de conceitos e proposições. No entanto, unindo-se a estudiosos que apontaram a necessidade de teorizar ainda mais a resolução de problemas, de forma sintonizada com as necessidades da prática, argumento que um olhar sistemático sobre RP como uma cadeia de atividades pretendidas, planejadas, executadas e vivenciadas nos permite tomar consciência e explicar alguns fenômenos críticos que precisam de nossa conscientização e explicação, para a implementação da RP em escala.

Referências e Bibliografia

- Ball, D. L., Thames, M.H. & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: what Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), p. 389-407.
- Brodie, K. (2020). Resources for and from collaboration: a conceptual framework. In H. Borko & D. Portari (Eds.), *ICMI Study 25 conference proceedings*. Teachers of Mathematics Working and Learning in Collaborative Groups. ICMI; University of Lisbon, p. 37–48.

- Burkhardt, H. & Li Y. (2013). About Alan H. Schoenfeld and his work. Y. Li & J.N. Moschkovich (eds.), *Proficiency and Beliefs in Learning and Teaching Mathematics: Learning from Alan Schoenfeld and Günter Törner*. Rotterdam, AL: Sense Publishers, p. 9–18.
- Cai, J. & Hwang, S. (2020). Learning to teach through mathematical problem posing: Theoretical considerations, methodology, and directions for future research. *International Journal of Education Research*, 102.
- Chapman, O. (2015). Mathematics teachers' knowledge for teaching problem solving. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 3(1), p. 19–36.
- Cobb, P. et al. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), p. 9–13.
- Cobb, P. & Jackson, K. (2015). Supporting teachers' use of research-based instructional sequences. *ZDM Mathematics Education* 47, p. 1027–1038.
- Cobb, P. & Jackson, K. (2021). An Empirically Grounded System of Supports for Improving the Quality of Mathematics Teaching on a Large Scale, *Implementation and Replication Studies in Mathematics Education*, 1(1), p. 77-110.
- FiorentinI, D., Miotto M., M. R. & Bezerra, R. C. (2019). Apresentação Dossiê: Lesson Study em Matemática. *Educere et Educare, [S. l.]*, v. 14, n. 32, Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/23708>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- Koichu, B. & Pinto, A. (2018). Developing Education Research Competencies in Mathematics Teachers Through TRAIL: Teacher-Research Alliance for Investigating Learning. *Can J Sci Math Techn* 18, p. 68–85.
- Koichu, B., Aguilar, M.S. & Misfeldt, M. (2021). Implementation-related research in mathematics education: the search for identity. *ZDM Mathematics Education* 53, p. 975–989.
- Koichu, B., Cooper, J., & Widder, M. (2022). Implementation of Problem Solving in School: From Intended to Experienced. *Implementation and Replication Studies in Mathematics Education*, 2(1), p. 76-106.
- Liljedahl, P. & Cai, J. (2021) Empirical research on problem solving and problem posing: a look at the state of the art. *ZDM – Mathematics Education*, 53, p. 723–735.
- Marcatto, F.S.F. & Onuchic, L. de la R. (2021). A Resolução de Problemas como Eixo Norteador na Formação de Professores que Ensinam Matemática. In: E.R. Navarro e M. do C. de Souza (Orgs.). *Educação Matemática em pesquisa: perspectivas e tendências*. v.3, p. 49-69.
- Pinto, A. & Koichu, B. (2021). Implementation of mathematics education research as crossing the boundary between disciplined inquiry and teacher inquiry. *ZDM Mathematics Education*, 53, p. 1085–1096.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1989). Teaching mathematical thinking and problem solving. In L. B. Resnick & L. E. Klopfer (Eds.). *Toward the thinking curriculum: Current cognitive research*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, p. 83-103.
- Silver, E. A. (1994). On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics*, 14(1), p. 19–28.
- Wagner, J. (1997). The unavoidable intervention of educational research: A framework for reconsidering researcher-practitioner cooperation. *Educational Researcher*, 26(7), p. 13–22.