

**A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE
MATEMÁTICA: APONTAMENTOS DAS PRINCIPAIS PESQUISAS**

**PROBLEMS SOLVING IN TEACHER EDUCATION IN MATHEMATICS: REMARKS
OF MAIN RESEARCH STUDIES**

**RESOLVER PROBLEMAS EN LA *FORMACIÓN* DE PROFESORES DE
MATEMÁTICAS: NOTAS DE LA INVESTIGACIÓN PRINCIPAL**

MENDES, Luiz Otavio Rodrigues
mendesluizotavio@hotmail.com
UEM – Universidade Estadual de Maringá
<https://orcid.org/0000-0002-3160-8532>

PEREIRA, Ana Lúcia
ana.lucia.pereira.173@gmail.com
UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa
<https://orcid.org/0000-0003-0970-260X>

RESUMO: A resolução de problemas cada vez mais é abordada na Matemática. Assim, o objetivo desta pesquisa é desvelar os dez artigos científicos mais relevantes que a relacionam com a Formação Inicial de Professores com base no *Methodi Ordinatio*. Como procedimento metodológico desenvolvemos uma revisão sistemática. Os resultados, após serem analisados qualitativamente, revelam que as pesquisas na temática estudada estão sendo abordadas acerca das habilidades dos professores e alunos, com utilização da tecnologia, sobre os estilos de aprendizagem, sobre o pensamento crítico do professor, sobre como o aluno resolve problemas, o tipo de argumento em relação ao tipo de problema e as conexões em relação aos conceitos matemáticos e os conteúdos do cotidiano do aluno. Por fim, o conteúdo mais abordado é proporção, bem como as áreas de álgebra e geometria.

Palavras-chave: Formação Inicial de Professores. Matemática. *Methodi Ordinatio*. Resolução de problemas.

ABSTRACT: Problem solving is being increasingly addressed in Mathematics. Thus, the objective of this study is to unveil the ten most relevant scientific articles that are related it to Initial Teacher Education based on the *Methodi Ordinatio*. As a methodological procedure we developed a systematic review. The results after being qualitatively analyzed revealed that research on the studied theme is being approached regarding teachers and students' skills, using technology, learning styles, teachers' critical thinking, how students solve problems, type of argument in relation to the type of problem and the connections in relation to the mathematical concepts and

the daily content of the student. Finally, the most covered content is proportion, as well as the areas of algebra and geometry.

Keywords: Initial Teacher Education. Mathematics. Ordinary Methodi. Problem solving.

RESUMEN: La resolución de problemas se aborda cada vez más en matemáticas. Así, el objetivo de esta investigación es dar a conocer los diez artículos científicos más relevantes que la relacionan con la *Formación Inicial* del Profesorado basada en la *Methodi Ordinatio*. Como procedimiento metodológico, desarrollamos una revisión sistemática. Los resultados luego de ser analizados cualitativamente revelan que se está abordando la investigación sobre el tema estudiado sobre las habilidades de docentes y alumnos, con el uso de la tecnología, sobre estilos de aprendizaje, sobre el pensamiento crítico del docente, sobre cómo el alumno resuelve problemas, el tipo de argumento en relación con el tipo de problema y conexiones en relación con los conceptos matemáticos y el contenido diario del alumno. Finalmente, el contenido más discutido es la proporción, así como las áreas de álgebra y geometría.

Palabras clave: *Formación* inicial del profesorado. Matemáticas. *Methodi Ordinatio*. *Solución* de problemas.

1 INTRODUÇÃO

Um dos pontos mais interessantes da Matemática é que, por diferentes caminhos, somos capazes de chegar a um mesmo resultado. Com essa premissa, podemos considerar que há diferentes abordagens desta ciência, dependendo da cultura, do país, da metodologia empregada, da perspectiva, do currículo etc. Neste sentido, uma das maneiras de abordar a Matemática, a resolução de problemas, também apresenta diferentes tratamentos. À vista disso, Törner, Schoenfeld e Reiss (2007), especialistas sobre o tema, publicaram um estado da arte sobre pesquisas acerca de como a resolução de problemas vem sendo trabalhada em diferentes países, vindo a confirmar as diferentes abordagens.

Essa importante abordagem tem seu destaque no ensino da Matemática, conforme ela é compreendida como o “coração da Matemática” (HALMOS, 1980). Quanto às diferentes abordagens na literatura da resolução de problemas no ensino da Matemática, evidenciamos o trabalho de Polya (1957), que se utiliza de um ensino com etapas, voltado em uma perspectiva de ensinar sobre resolver problemas. Schroeder e Lester Junior (1989) destacam a abordagem de um ensino via resolução de problemas, em que o problema é o ponto de partida. Desta forma, são vários os

caminhos possíveis, além de que o próprio termo “problema” é polissêmico, dando margem a interpretações (SCHOENFELD, 1985).

Nestas infindas possibilidades, percebemos que, mesmo em diferentes países, com os diferentes procedimentos de abordagem, a resolução de problemas tem seu valor, configurando-se como objeto de estudo de diversas pesquisas (ECHEVERRÍA, 1998). Outrossim, compreendemos que uma aplicação profícua da resolução de problema depende em grande parte do professor que a utiliza. Nessa perspectiva, entendemos que a formação do professor, no sentido de prepará-lo, deve estar intrinsecamente ligada ao resultado final da resolução de problemas.

Diversos teóricos que estudam sobre o tema formação de professores, destacam a importância desta preparação docente, como Perrenoud (2002) que aborda as competências que um futuro professor deve ter. No mesmo sentido, Tardif (2012) fala dos saberes docentes em sua formação profissional; Ponte (1992), por sua vez, aborda em específico a formação dos professores de Matemática, entre outros. Sincronicamente, também existem inúmeras abordagens na formação de professores.

Percebe-se assim que há inúmeras possibilidades de estudo sobre esses dois temas, bem como a sua importância no Campo da Matemática. Cientes disso, nos atemos ao recorte de estudar a resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática. Delimitado o objeto de estudo, a curiosidade nos aflora ao indagarmos: quais são os trabalhos mais relevantes sobre essa temática? Como é abordada a resolução de problemas nestas produções? Há conteúdos matemáticos priorizados? Questionamentos esses que nos propomos a responder nesta pesquisa. Com intuito de compreender um pouco mais sobre o que está sendo estudado na fronteira do conhecimento sobre essa temática, tomamos como objetivo desta pesquisa desvelar os dez artigos científicos mais relevantes atualmente, acerca do tema resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática. Para tanto, utilizamos como metodologia os procedimentos descritos por Pagani, Kovalski e Resende (2015), denominado *Methodi Ordinatio*, em que os autores asseguram a possibilidade de evidenciar os trabalhos mais relevantes.

2 A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES



A resolução de problemas é abordada em diferentes campos. Por sua vasta utilização, o termo “problema” é polissêmico, fazendo-se necessário definir o que compreendemos e em que sentido utilizamos (SCHOENFELD, 1985). À vista disso, compactuamos com a definição de Chi e Glaser (1992, p. 251), ao destacarem que “um problema é uma situação na qual você está tentando alcançar algum objetivo e deve encontrar um meio de chegar lá”.

Esta situação corresponde ao ambiente de ensino e aprendizagem da Matemática, em que o problema é proposto para que os conteúdos, os meios sejam trabalhados para encontrar o resultado e este processo acabe gerando uma nova aprendizagem, o objetivo. Nessa mesma linha de pensamento, o *National Council of Teachers Mathematics* – NCTM (1980) destaca que a resolução de problema é colocada como um dos focos para o ensino de Matemática. O NCTM, ao citar Halmos (1980) destaca que devemos tornar os alunos melhores solucionadores de problemas do que nós somos.

No entanto, ao se trabalhar com a resolução de problemas evidenciamos várias abordagens na literatura. Schroeder e Lester Junior (1989) retratam três: o ensinar sobre resolução de problemas, em que são trabalhadas fases para se resolver determinado problema, como as destacadas por Dewey (1910): reconhecimento de um problema, análise das principais características, hipóteses, dedução e testagem das possibilidades de solução. O ensinar para a resolução de problemas, em que importa a habilidade dos alunos de resolverem problemas e aplicarem no cotidiano de suas vidas e o ensinar via resolução de problemas, defendido por Proença (2018) como a abordagem mais relevante, visto que se trabalha com o problema como ponto de partida.

Não somente as formas de abordar, mas evidenciamos também diversos outros fatores que influenciam no modo de trabalhar com a resolução de problemas, tais como o currículo, os costumes, as crenças, entre outros. Cientes disso, Törner, Schoenfeld e Reiss (2007) realizaram um estado da arte com especialistas de vários países, com intuito de perceber quais peculiaridades sobre a resolução de problemas são encontradas em seus países.

Nestas diferentes abordagens, destacam-se as produções de Arcavi e Friedlander (2007) ao apontarem que, em Israel, apesar de ser trabalhado desde o Ensino Fundamental, os pesquisadores consideram ser necessário mais estudos aprofundados sobre o tema. Artigue e Houdement (2007) destacam que na França a resolução de problemas tem papel essencial nas escolhas curriculares e na pesquisa didática. Boero e Dapueto (2007) indicam que na Itália houve mudanças significativas nos livros adotados pelos professores, sendo escolhidos livros menos tradicionais e que permitam trabalhar com a resolução de problemas.

No Reino Unido, Burkhardt e Bell (2007) realçam as dificuldades, neste país, como em outros, de conciliar as políticas públicas com o que é destacado como importante por educadores matemáticos. Na China, Cai e Nie (2007) salientam que apesar de não haver muitas pesquisas empíricas comprovando a eficácia da resolução de problemas, o objetivo de sua utilização é instrucional. Clarke, Goos e Morony (2007) destacam que na Austrália a resolução de problema é presente no currículo há algumas décadas. Doorman *et al.* (2007) apontam que na Holanda a resolução de problemas, juntamente com a utilização de tecnologias e modelagem, trouxe bons resultados nos exames internacionais em larga escala como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes – PISA.

Em Cingapura, apesar de o ensino tradicional ser dominante, a resolução de problemas tem lugar central e influencia o desenvolvimento dos livros didáticos utilizados (FAN; ZHU, 2007). No Japão, Hino (2007, p. 503, tradução nossa) considera que a resolução de problemas ajudou a

[...] permitir o aprofundamento e ampliação do conhecimento dos processos de raciocínio e aprendizagem da matemática dos alunos, estimular nossos esforços para desenvolver materiais e maneiras eficazes de organizar aulas com resolução de problemas e fornecer um meio poderoso de avaliar o pensamento e a atitude dos alunos.

Esta é uma importante influência no campo da educação matemática daquele país. Desta forma, com os diversos apontamentos apresentados é que se confirma uma pluralidade de ideias que tangenciam a resolução de problemas, nas mais diferentes abordagens e possibilidades. Neste sentido, entendemos que essas diversas possibilidades estão intimamente ligadas a como é realizada a formação de



professores em cada país. Monte e Feitosa (2016), que estudaram os sistemas educacionais da Austrália, Nova Zelândia, Reino Unido, Finlândia, Canadá, Coreia do Sul, Japão e Brasil, destacam que não é possível comparar os modelos de educação, em específico a formação de professores nestes países. Por outro lado, é possível compreender a importância da formação inicial de professores.

Nessa perspectiva, Gatti (2010, p. 1375) defende que:

A formação de professores profissionais para a educação básica tem que partir de seu campo de prática e agregar a este os conhecimentos necessários selecionados como valorosos, em seus fundamentos e com as mediações didáticas necessárias, sobretudo, por se tratar de formação para o trabalho educacional com crianças e adolescentes.

Compreende-se, assim, o intuito de agregar conhecimentos aos professores, com práticas em sua formação, para que posteriormente eles possam utilizar em seu campo de trabalho. Com tal característica, Tardif (2012) defende a ideia dos saberes que um professor deve possuir e adquirir em sua formação para aplicação em sua prática posterior. Estas concepções nos mostram a importância de se trabalhar com novas metodologias, novas abordagens em um conhecimento diversificado, para que o professor formado possa usufruir de um arcabouço rico de práticas escolares.

Quanto a isso, Serrazina (2002, p. 1) defende “[...] que os futuros professores devem, eles próprios, viver experiências de aprendizagem em matemática do tipo das que se espera que venham a proporcionar aos seus alunos”, envolvendo, segundo a autora, a resolução de problemas. Em específico, na formação do professor de Matemática, Ponte (1992, p. 36) esclarece em seu estudo que “A investigação realizada testemunha uma vivência da Matemática muitíssimo pobre por parte dos professores desta disciplina”, fazendo-se necessário uma investigação que possibilite mostrar as possibilidades, enriquecendo a formação inicial. De natureza igual, Fiorentini *et al.* (2002) destacam, no campo da Educação Matemática, pouca quantidade de trabalhos que investigam a formação inicial de professores.

Sendo assim, concordamos com Fiorentini (2012, p. 114) ao destacar algumas dificuldades no processo de formação do professor de Matemática, apontando como importante a necessidade de

[...] desenvolver estudos, tanto em relação aos processos didático-pedagógicos do ensino e da aprendizagem da Matemática quanto em relação à ampliação de sua cultura matemática sob uma perspectiva compreensiva, envolvendo aspectos históricos e epistemológicos deste campo de conhecimento.

Desse modo, consideramos a importância de se trabalhar com diversas possibilidades na formação do professor de Matemática, sendo uma destas a resolução de problemas. Por fim, apresentar as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas nos diferentes países, na fronteira do conhecimento, apesar das diferenças, possibilita-nos colaborar com essa formação de um professor mais reflexivo em sua própria prática, a partir da observação de outras práticas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa caracteriza-se como uma revisão sistemática. Greenhalgh (2004, p. 582, tradução nossa) define uma revisão sistemática “[...] como uma revisão da literatura de acordo com uma metodologia explícita, rigorosa e transparente”. Desta forma, utilizamos como metodologia o *Methodi Ordinatio*, condizente com a definição dos autores.

Pagani, Kovalski e Resende (2015, p. 2116, tradução nossa), criadores do *Methodi Ordinatio*, definem que:

A estratégia metodológica baseia-se no desenvolvimento de uma metodologia para selecionar, coletar, classificar e interpretar sistematicamente trabalhos científicos publicados em periódicos, de forma a fornecer três critérios para o *ranking*: ano de publicação, número de citações e fator de impacto.

Os autores definem nove fases para sua aplicação. A primeira consiste em evidenciar a intenção de busca, que está atrelada aos nossos objetos de pesquisa: a formação inicial de professores, a resolução de problemas e a Matemática. Com intuito de evidenciar pesquisas de acordo com esses objetos, fizemos uma busca preliminar para testar e definir as possíveis palavras-chave, conforme recomenda a segunda fase.

Outrossim, nesta busca optamos por trabalhar com os idiomas: português, por ser nossa língua materna; o espanhol, por considerarmos que há possibilidades de



encontrar trabalhos relevantes na América Latina; e o inglês, por ser considerada a língua mais utilizada no mundo. Utilizamos para a palavra-chave matemática, sua tradução literal no espanhol. No inglês aplicamos o artifício do operador booleano*, para considerar as palavras *math* e *mathematics*.

Quanto à palavra-chave resolução de problemas, evidenciamos como sinônimo a palavra solução de problemas, em que utilizamos a tradução literal destas duas expressões no inglês e no espanhol. Para a palavra-chave formação inicial de professores, consideramos sua utilização somente como formação de professores, por apresentar uma maior abrangência nas pesquisas preliminares, e por compreendermos que a utilização deste termo é diferente nas outras línguas, como no inglês em que aparece *teacher pre-service*. Desta forma, sua tradução em espanhol foi literal e em inglês reconhecemos os termos *teacher training*, *teacher learning* e *teacher education* na literatura. Na tabela 1, apresentamos essas palavras de forma esquematizada, como destaca a fase 3 de combinação das palavras-chave.

Tabela 1 – Relação de palavras-chave utilizadas e línguas pesquisadas

	Resolução de Problemas	Formação de Professores	Matemática
Português	resolução de problemas ou solução de problemas	formação de professores	matemática
Espanhol	<i>resolución</i> de problemas ou <i>solución</i> de problemas	<i>formación de profesores</i>	matemática
Inglês	<i>problem solving</i> ou <i>problem solution</i>	<i>teacher training</i> , <i>teacher learning</i> ou <i>teacher education</i>	<i>math</i> *

Fonte: os autores (2020)

Ainda na fase 3, escolhemos seis plataformas de busca, por considerarmos as que resultam valores significativos de dados. As bases escolhidas foram: 1) *Science Direct*; 2) *Web of Science*; 3) Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; 4) *Scientific Eletronic Library Online* – SciELO; 5) *Education Resources Information Center* – ERIC e 6) *Google Scholar*.

Vale ressaltar que não determinamos um período inicial de busca, deixando livre de acordo com a capacidade de cada plataforma. O período final ficou limitado a 01 de setembro de 2019. Para a união das palavras-chave adotamos o operador booleano *and*. As combinações possíveis em cada língua com as palavras escolhidas são apresentadas no Quadro 1, juntamente com os resultados obtidos para cada possibilidade, compreendendo a fase 4, de pesquisa nas bases.



Quadro 1 – Resultados obtidos em relação a cada agrupamento de palavras-chave nas bases de dados

	1. Science Direct	2. Web of Science	3. Periódico CAPES	4. SciELO	5. ERIC	6. Google Scholar
1 – Português	111 – “resolução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 2	121 – “resolução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 0	131 – “resolução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 158	141 – “resolução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 12	151 – “resolução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 380	171 – <i>allintitle</i> : “resolução de problemas” “matemática” TOTAL: 472
	112 – “solução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 0	122 – “solução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 0	132 – “solução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 44	142 – “solução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 4	152 – “solução de problemas” AND “formação de professores” AND “matemática” TOTAL: 380	172 – <i>allintitle</i> : “solução de problemas” “matemática” TOTAL: 18
2 – Espanhol	1. Science Direct	2. Web of Science	3. Periódico CAPES	4. SciELO	5. ERIC	6. Google Scholar
	211 – “ <i>resolución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 0	221 – “ <i>resolución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 0	231 – “ <i>resolución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 28	241 – “ <i>resolución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 16	251 – “ <i>resolución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 4	271 – <i>allintitle</i> : “ <i>resolución de problemas</i> ” “matemática” TOTAL: 750
	212 – “ <i>solución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 0	222 – “ <i>solución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 0	232 – “ <i>solución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 14	242 – “ <i>solución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 7	252 – “ <i>solución de problemas</i> ” AND “ <i>formación de profesores</i> ” AND “matemática” TOTAL: 4	272 – <i>allintitle</i> : “ <i>solución de problemas</i> ” “matemática” TOTAL: 20
3 – Inglês	1. Science Direct	2. Web of Science	3. Periódico CAPES	4. SciELO	5. ERIC	6. Google Scholar
	311 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 1092	321 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 249	331 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 190	341 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 11	351 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 2918	371 – <i>allintitle</i> : “ <i>problem solving</i> ” “ <i>math*</i> ” TOTAL: 1890
	312 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher learning</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 412	322 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher learning</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 1075	332 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher learning</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 68	342 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher learning</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 22	352 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher learning</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 3984	372 – <i>allintitle</i> : “ <i>problem solving</i> ” “ <i>math*</i> ” TOTAL: 365
	313 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher education</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 1648	323 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher education</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 803	333 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher education</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 200	343 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher education</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 27	353 – “ <i>problem solving</i> ” AND “ <i>teacher education</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 4702	373 – <i>allintitle</i> : “ <i>problem solution</i> ” “ <i>math*</i> ” TOTAL: 5
314 – “ <i>problem solution</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>mathematics</i> ” TOTAL: 44	324 – “ <i>problem solution</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 53	334 – “ <i>problem solution</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 212	344 – “ <i>problem solution</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 3	354 – “ <i>problem solution</i> ” AND “ <i>teacher training</i> ” AND “ <i>math*</i> ” TOTAL: 3038	374 – <i>allintitle</i> : “ <i>problem solution</i> ” “ <i>math*</i> ” TOTAL: 0	



	315 – “problem solution” AND “teacher learning” AND “math*” TOTAL: 18	325 – “problem solution” AND “teacher learning” AND “math*” TOTAL: 284	335 – “problem solution” AND “teacher learning” AND “math*” TOTAL: 102	345 – “problem solution” AND “teacher learning” AND “math*” TOTAL: 3	355 – “problem solution” AND “teacher learning” AND “math*” TOTAL: 4133	
	316 – “problem solution” AND “teacher education” AND “math*” TOTAL: 81	326 – “problem solution” AND “teacher education” AND “math*” TOTAL: 226	336 – “problem solution” AND “teacher education” AND “math*” TOTAL: 492	346 – “problem solution” AND “teacher education” AND “math*” TOTAL: 3	356 – “problem solution” AND “teacher education” AND “math*” TOTAL: 2753	
Total	3297	2690	1508	92	22296	3520

Fonte: os autores (2020)

Nas bases de dados, procuramos realizar a pesquisa toda da mesma forma, sem nenhuma especificidade, ocorrendo a busca no título, palavras-chave e resumo. A única plataforma que não foi possível manter este padrão foi a do *Google Scholar*, pois ao realizar a pesquisa com as palavras-chave “resolução de problemas” and “formação de professores” and “matemática”, obtivemos como resultado 35.200 trabalhos em uma única busca, inviabilizando a pesquisa. Desta forma, utilizamos para esta base a pesquisa com as palavras-chave presentes somente no título. A soma total de resultados obtidos em todas as bases corresponde a 33.403.

Ainda na fase 4, utilizamos o *software Mendeley* como gerenciador de referência, para retirarmos todos os trabalhos que não eram do tipo artigos científicos de revistas e aplicamos a operação de mesclar os trabalhos repetidos. Nesta operação, caso um artigo fosse encontrado nas bases do SciELO e na ERIC, ele não seria contabilizado duas vezes. Obtivemos assim, 1.769 trabalhos como resultados destas operações. Esse valor acabou se reduzindo drasticamente, visto que em várias ocasiões percebemos que um mesmo trabalho foi encontrado nas seis plataformas de busca, e pelo grande número de artigos em eventos, que não são contabilizados, pois estes não têm fator de impacto – FI.

Na fase 5, de acordo com Pagani, Kovalski e Resende (2015, p. 11, tradução nossa), “[...] algumas obras de áreas não relacionadas aparecem entre os trabalhos selecionados”, devendo-se assim fazer uma filtragem. Nesse processo, realizamos a leitura dos resumos de todos os trabalhos, e para a filtragem utilizamos os seguintes critérios, excluindo: a) trabalhos que não dizem respeito à formação inicial de professores de Matemática; b) trabalhos em que o estudo não aborda a resolução de



problemas matemáticos; c) trabalhos na perspectiva de Aprendizagem Baseada em Problemas; d) trabalhos com viés psicológico (teste de ansiedade, frustração etc.).

Obtivemos como resultado final 276 produções, sendo estas exportadas para uma tabela modelo para a realização da fase 6 de identificação do ano de publicação, número de citações e o fator de impacto dos trabalhos. Foi adotado o FI fornecido pelo *Scimago Journal e Country Rank – SJR*. Nesta tabela, concomitantemente realizamos a fase 7 de aplicação da fórmula *Methodi Ordinatio* denominada *In Ordinatio*.

Por fim, executamos a fase 8, que corresponde a encontrar os trabalhos completos e a fase 9 que se refere à leitura total de todos os trabalhos. Desta forma, fomos realizando a leitura na íntegra dos trabalhos a partir dos mais relevantes, conforme o *Methodi Ordinatio* elencou. No entanto, para esta pesquisa, optamos por apresentar somente os 10 primeiros, por termos a intenção de discutir cada um destes trabalhos, e para não inviabilizar o espaço de escrita, caso considerássemos mais pesquisas. Para a compreensão sucinta de todo o processo que realizamos, apresentamos na Figura 1 os principais pontos, conforme indicam as 9 fases do *Methodi Ordinatio*.

Figura 1 – Fluxograma representativo de todo o processo de coleta de dados com o *Methodi Ordinatio*



Fonte: os autores (2020)

Na Figura 1, pode-se observar do lado esquerdo as fases do *Methodi Ordinatio* e, do lado direito, todo o desenvolvimento do processo que realizamos, bem como os resultados obtidos. Após toda a aplicação do processo, obtivemos os quinze trabalhos mais relevantes, os quais apresentamos na Tabela 2.

Tabela 2 – Seleção de trabalhos mais relevantes conforme o *Methodi Ordinatio* na tabela modelo

N	Título do trabalho	Autores	Revista	FI	Cit.	Ano	In Ord.
1	<i>The use of work examples as a substitute for problem solving in Learning Algebra</i>	John Sweller e Graham A. Cooper	<i>Cognition and Instruction –</i>	1482	1359	1985	1120
2	<i>Engaging pre-service middle-school teacher-education students in mathematical problem posing: development of an active learning framework</i>	Nerida F. Ellerton	<i>Educational Studies in Mathematics –</i>	1118	73	2013	114
3	<i>The Truth-Seeking and Open-Mindedness of Pre-Service Mathematics Teachers in the Solution of Non-Routine Problems</i>	Dian Kurniati, Purwanto, Abdur Rahman As'ari e Dwiyanas	<i>International Journal of Instruction</i>	348	1	2019	101
4	<i>Tipos de Problemas que Provocan la Generación de Argumentos Inductivos, Abductivos y Deductivos</i>	Oscar Molina e Carmen Samper	Boletim de Educação Matemática	212	1	2019	101



5	<i>Mathematical understanding in problem solving with GeoGebra: a case study in initial teacher education</i>	Alexánder Hernández, Josefa Perdomo-Díaz e Matías Camacho-Machín	<i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i>	371	0	2019	100
6	<i>Examining the Problem-Solving Skills of Primary Education Mathematics Teacher Candidates According to Their Learning Styles</i>	Hasan Altun	<i>International Education Studies</i>	228	0	2019	100
7	<i>Prospective teachers' understanding on students' learning hypotheses in solving proportion problem</i>	A. F. Sari, A. Ernawati e Z. Abidin	<i>Journal of Physics: Conf. Series</i>	221	0	2019	100
8	<i>Why do pre-service teachers use the two-variable linear equation system to solve the proportion problem?</i>	M. Irfan, T. Nusantara, Subanji, Siworo, Z. Wijayanto e S. A. Widodo.	<i>Journal of Physics: Conf. Series</i>	221	0	2019	100
9	As conexões trabalhadas através da resolução de problemas na formação inicial de professores de matemática	Norma Suely Gomes Allevato e Lourdes de la Rosa Onuchic	Revista de Ensino de Ciências e Matemática (A2 – Ensino)	0	0	2019	100
10	A formação inicial de futuros professores de matemática sob a perspectiva da resolução de problemas	Manoel dos Santos Costa e Norma Suely Gomes Allevato	Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática	0	0	2019	100

Fonte: os autores (2020)

A Tabela 2, apresenta os 10 trabalhos mais relevantes evidenciados em nossa pesquisa pelos *Methodi Ordinatio*. Nela, apresentamos o *ranking*, o nome do artigo, os autores que o compõem, a revista em que foi publicado, o FI, as citações obtidas, o ano de publicação e o valor *In Ordinatio* do método, que aponta assim a ordem de relevância. Os trabalhos colocados nas três últimas posições apontavam um mesmo valor *In Ordinatio*. Foi considerada, assim, a nota Qualis CAPES mais alta da revista na área de avaliação, sendo primeiro para a área de ensino e, caso não houvesse, posteriormente para a área de educação. É importante ressaltar que apesar de esses dois trabalhos não terem FI, o fator ano fez com que eles ficassem melhor posicionados pelo *Methodi Ordinatio*.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Dos trabalhos selecionados, duas características são comuns a todos eles: os sujeitos são professores de Matemática em formação e o objeto de estudo é a resolução de problemas matemáticos. Desta forma, apontamos resumidamente cada um deles.

Sweller e Cooper (1985) destacam um contraste entre novatos e especialistas para resolverem problemas de álgebra, em que, respectivamente, especialistas, por terem um maior número de esquemas mentais de resolução, utilizam-se das estratégias corretas, conforme o problema para resolvê-lo; já os novatos, confiam em uma heurística de busca geral. Os autores partiram da hipótese de que para resolver problemas de álgebra é necessário um grande número de esquemas mentais, e para acelerar a aquisição destes esquemas, as técnicas tradicionais – problema, exemplo e exercício –, retardam esse processo.

A hipótese foi confirmada, visto que os autores evidenciaram que os problemas trabalhados, diferentes dos convencionais, levaram menos tempo para serem processados, bem como a subsequência de problemas parecidos apontou uma diminuição do tempo de resolução e um menor número de erros. Além disso, a resolução de problemas possibilita não só um ganho de tempo, mas, segundo Sweller e Cooper (1985, p. 88, tradução nossa), “sua função principal pode ser orientar, em vez de acelerar o aprendizado”, no sentido de evidenciar ao professor quais esquemas os alunos não possuem para resolver determinado problema.

Ellerton (2013) busca evidenciar que a elaboração de problemas matemáticos se torna mais relevante do que, simplesmente, explorar como resolver problemas de Matemática, sendo que a inserção desta ideia na formação de professores de Matemática possibilita mostrar sua importância, proporcionando uma reflexão na forma de aplicar o currículo nas escolas. No entanto, para Ellerton (2013, p. 87, tradução nossa), “[...] na matemática escolar, o desenvolvimento de habilidades na resolução de problemas tem sido colocado no centro do currículo e da prática em sala de aula, e a abordagem de problemas recebe pouca atenção”.

Isto posto, Ellerton (2013) destaca a importância de o sujeito aprender a formular seu problema, num papel ativo, ao invés de recebê-lo pronto, como geralmente acontece em um papel passivo. Desta forma, a autora conclui que os

professores em formação têm dificuldades de elaborar novos problemas, mas que a construção em grupo possibilita resultados relevantes, como a produção de *insights*, um maior entendimento do conceito matemático trabalhado e motivação para explorar o problema criado. À vista disso, a autora aponta que estudar sobre a criação de problemas na formação inicial de professores é ainda um caminho em aberto.

Kurniati *et al.* (2019), que estudaram fatores acerca do pensamento crítico, destacam em sua pesquisa que, ao se resolver um problema, dois comportamentos interferem: a busca pela verdade, que corresponde a compreender de uma melhor forma uma situação particular, e a mente aberta, que corresponde a tolerar outras opiniões diferentes. Cientes disso, os pesquisadores procuraram investigar a busca pela verdade e a mente aberta quando futuros professores resolvem problemas não rotineiros. No estudo, Kurniati *et al.* (2019, p. 926, tradução nossa) concluem que “a maioria desses professores de pré-serviço estava acostumada a supor que as perguntas que seu professor lhes dava eram verdadeiras e que podiam respondê-las de maneira fácil e direta, sem investigar a verdade por trás delas”, considerando que os estudantes não têm um pensamento crítico. Portanto, os autores recomendam a implementação da Matemática imbuída com dispositivos que possibilitem a busca pela verdade e a mente aberta.

Molina e Samper (2019) apontam em sua produção a crescente importância de se trabalhar a Matemática na perspectiva de resolução de problemas e da produção de argumentos. Cientes disto, buscam evidenciar a ocorrência de argumentos indutivos, abdução e dedutivos advindos da resolução de problemas matemáticos em ambientes de geometria dinâmica. Como metodologia os autores utilizaram o modelo de argumentação descrito por Toulmin (2003) para analisar cada estratégia e tipo de argumento em cada problema. Os resultados obtidos apontam que o professor em formação, conhecendo a tipologia dos problemas, pode contribuir para o conhecimento matemático didático. Molina e Samper (2019, p. 131, tradução nossa) destacam que:

Nesse sentido, seria necessário enfatizar em classe a relação entre tipos de problemas e tipos de argumentos e, nesse quadro, desenvolver a capacidade dos futuros professores de identificar e classificar cada argumento, reconhecer seu papel na atividade matemática desdobrada – indutivo e

abdução à conjectura, dedutivo para validar –, e analisar a estrutura das declarações dos problemas.,

A pesquisa de Hernández, Perdomo-Díaz e Camacho Machín (2019) destaca um estudo de caso que tem como objeto de pesquisa a resolução de problemas com o Sistema de Geometria Dinâmica (SGD) GeoGebra, a fim de identificar características de Proficiência Matemática e Atividade Matemática no uso de abordagens dinâmicas, geométricas, numéricas e algébricas. Nessas abordagens, o GeoGebra constituiu-se como uma ferramenta fundamental de auxílio, conforme destacam Hernández, Perdomo-Díaz e Camacho Machín (2019, p. 15, tradução nossa), ao colocarem que “isto foi expresso pelos estudantes, que foram capazes de usar cada uma das abordagens no GeoGebra para avaliar a solução e apoiar a conjectura inicial por diferentes meios”.

Altun (2019) defende em seu trabalho a concepção de que os sujeitos aprendem de forma diferente em um lugar – a escola – em que se é ensinado igual a todos. Desta forma, o autor buscou quais são os estilos de aprendizagem dos sujeitos, com base no inventário desenvolvido por David Kolb (1975), que comporta os estilos convergente, divergente, assimilante e adaptador. Outrossim, o autor buscou evidenciar quais são as habilidades de resolução de problemas com base em um inventário desenvolvido por Heppner e Petersen (1982), que apresentam três abordagens: confiança na resolução de problemas, abordagem-evitação e controle pessoal. Como resultado, Altun (2019, p. 70, tradução nossa) evidenciou que os licenciandos têm diferentes estilos de aprendizagem, mas, “em suma, os estilos de aprendizagem dos alunos não afetam significativamente as habilidades de resolução de problemas”. Por outro lado, o autor considera que conhecer os estilos de aprendizagem dos estudantes é benéfico, visto que facilita a escolha de problemas apropriados aos alunos.

Sari, Ernawati e Abidin (2019) buscam evidenciar a compreensão dos licenciandos sobre as possíveis hipóteses formuladas por alunos sobre o conteúdo matemático de proporção, ou seja, o interesse era evidenciar quais seriam as previsões geradas pelos licenciandos de como seus alunos resolveriam determinados exercícios sobre proporção. Para avaliar o processo, os pesquisadores utilizam a



Trajetória Hipotética de Aprendizagem – THA. Os resultados obtidos apontam que os estudantes conseguiram propor três possíveis formas de resolver o problema. Desta forma, Sari, Ernawati e Abidin (2019, p. 5, tradução nossa) comentam sobre os licenciandos que, “isso pode ser usado para estimular o pensamento dos estudantes em relação à proporcionalidade [...] mostrou-se como um verdadeiro desafio para eles preverem como os alunos pensariam”.

A produção de Irfan *et al.* (2019) aborda a resolução de problemas para ensinar o conteúdo de proporção. Neste estudo, os autores buscam evidenciar por que dois licenciandos utilizam de forma errada sistemas lineares de duas equações para resolver um determinado problema, em que se deveria utilizar proporção. Para Irfan *et al.* (2019, p. 5, tradução nossa), “isso acontece porque eles não são capazes de coordenar adequadamente o esquema de conhecimento que é de propriedade do problema em questão”. Nesse sentido, os pesquisadores acreditam que eles utilizaram de forma equivocada as memórias de longo prazo.

Allevato e Onuchic (2019) abordam em seu trabalho teórico-bibliográfico as conexões que são realizadas entre as ideias do indivíduo, trazendo essa abordagem para o que as autoras destacam como ensino-aprendizagem-avaliação de Matemática por meio da resolução de problemas. Apesar da polissemia do termo conexões, Allevato e Onuchic (2019, p. 6) abordam o conceito no sentido de que “as conexões permitem aos alunos dar sentido à Matemática e entendê-la como um corpo coerente, articulado e poderoso”. Outrossim, para elas, as conexões não podem ser consideradas com algo auxiliar, mas sim um componente essencial para uma profícua aplicação da resolução de problemas.

A pesquisa de Costa e Allevato (2019) apresenta a percepção de licenciandos em Matemática, ao se trabalhar a resolução de problemas a partir de problemas geradores. Ao fazerem um curso de formação, as autoras puderam observar que a resolução de problemas, considerada como uma metodologia de ensino para elas, foi algo novo aos estudantes, visto que geralmente eles têm a abordagem de resolverem exercícios repetitivos. Neste mesmo sentido, Costa e Allevato (2019, p. 63) comentam que “além disso, eles puderam perceber que a Resolução de Problemas favorece um ambiente de aprendizagem onde o aluno desenvolve-se ativamente, e experimenta



avanços na construção do conhecimento”, possibilitando que houvesse uma reflexão sobre seus conhecimentos.

4.1 Abordagens da resolução de problemas

Törner, Schoenfeld e Reiss (2007) destacaram que há diversas possibilidades de se trabalhar com a resolução de problemas. Buscamos evidenciar nos 10 trabalhos selecionados como essa abordagem vem sendo utilizada ao se trabalhar na formação inicial de professores.

Sweller e Cooper (1985, p. 86) apresentam em seu trabalho que a “habilidade de resolução de problemas pode exigir muitos esquemas, cada um limitado a um conjunto restrito de problemas”. Desta forma, os autores destacam que esses esquemas são adquiridos com maior força e quantidade em um período maior de trabalho do aluno, e, desta forma, os problemas elaborados colaboram com essa aquisição. Trabalhar com a resolução de problemas na formação inicial permite aos licenciandos compreender a sua importância, visto que esta abordagem permite compreender melhor os conceitos dos conteúdos matemáticos (ELLERTON, 2013).

Outrossim, a resolução desses problemas necessita de um pensamento crítico, tornando quem vai resolver o problema um ser ativo, pois como mostrou o trabalho de Kurniati *et al.* (2019), os licenciandos estão muitas vezes acostumados a considerar os problemas como uma verdade absoluta, devendo assim ser instigados a, conforme destacam os autores, abrirem suas mentes. Nesse sentido, Molina e Samper (2019, p. 131) destacam que determinados tipos de problemas possibilitam a proposição de certos tipos de argumentos, e por isso reforçam que “seria necessário destacar na aula a relação entre tipos de problemas e tipos de argumentos e, nesse contexto, desenvolver a capacidade de futuros professores identificarem e classificarem cada argumento, para reconhecer seu papel na atividade matemática indutiva”.

Habilidades de resolução de problemas são fundamentais no trabalho do licenciando. Desta forma, Hernández, Perdomo-Díaz e Camacho Machín (2019) apontam que a utilização da tecnologia digital, como o *software* GeoGebra abordado pelos autores, é uma possibilidade. Estas habilidades também podem ser trabalhadas



conforme o estilo de aprendizagem do futuro professor, como explica Altun (2019), visto que os licenciandos possuem diferentes estilos e, conforme suas habilidades, determinados tipos de problemas podem ser trabalhados da melhor forma.

Da mesma forma, Sari, Ernawati e Abidin (2019) dissertam sobre as habilidades do professor em prever como seus alunos irão resolver esses problemas, e, desta forma, destacam a importância de se prever as possíveis soluções e da preparação dos licenciandos quanto a estas habilidades. Percebemos, nesse sentido, que o professor deve ser preparado para ensinar com a resolução de problemas e resolver problemas, como colocam Irfan *et al.* (2019).

Na mesma linha de pensamento, Allevato e Onuchic (2019) trazem o conceito de conexões que estão ligadas a como o professor realiza as conexões ao resolver o problema e trabalhar os conceitos do conteúdo matemático abordado. Por fim, Costa e Allevato (2019) reforçam estas conexões a respeito dos problemas do cotidiano dos alunos, sugerindo que os problemas sejam escolhidos com base em diversos critérios.

Outro ponto que questionamos diz respeito a quais são os conteúdos matemáticos trabalhados nestas produções e se há algum que seja mais utilizado. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Conteúdos matemáticos trabalhados nas produções com a resolução de problemas

Autores	Conteúdo Matemático
Sweller e Cooper (1985)	Álgebra
Ellerton (2013)	Álgebra
Kurniati <i>et al.</i> (2019)	Álgebra
Molina e Samper (2019)	Geometria
Hernández, Perdomo-Díaz e Camacho-Machín (2019)	Geometria
Altun (2019)	Não deixa claro
Sari, Ernawati e Abidin (2019)	Proporção
Irfan <i>et al.</i> (2019)	Proporção
Allevato e Onuchic (2019)	Estudo Bibliográfico
Costa e Allevato (2019)	Proporção

Fonte: os autores (2020)

Evidenciamos assim forte presença das áreas de Geometria e Álgebra, bem como a utilização do conteúdo matemático de proporção.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A pesquisa de Törner, Schoenfeld e Reiss (2007) nos mostra o quanto a resolução de problemas é trabalhada em todo o mundo e o quão diferentes são suas abordagens, que dependem de diversos fatores, tais como currículo, políticas públicas, referencial bibliográfico, entre outros. À vista disso, ao entendermos que a formação do professor de Matemática é um ponto crucial em todo o processo educacional, o objetivo desta pesquisa foi desvelar os 10 artigos científicos mais relevantes atualmente acerca do tema resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática, a partir dos critérios e métodos aqui adotados.

Com base nos procedimentos metodológicos descritos por Pagani, Kovalski e Resende (2015), utilizamos o *Methodi Ordinatio* para executar a revisão bibliográfica e assim definir em ordem crescente, segundo a equação *In Ordinatio*, os trabalhos mais relevantes. Outrossim, para ter um panorama dos resultados, tomamos como base alguns questionamentos que nortearam este trabalho, em relação aos conteúdos matemáticos que são empregados e à forma de abordagem da resolução de problemas.

Nesse sentido, podemos concluir que os dez trabalhos atualmente mais relevantes são, em ordem de relevância, os de: Sweller e Cooper (1985), Ellerton (2013), Kurniati *et al.* (2019), Molina e Samper (2019), Hernández, Perdomo-Díaz e Camacho-Machín (2019), Altun (2019), Sari, Ernawati e Abidin (2019), Irfan *et al.* (2019), Allevato e Onuchic (2019) e Costa e Allevato (2019). Da mesma forma, pudemos perceber que os conteúdos mais abordados nos problemas estão no campo da Geometria e da Álgebra. Em específico, o conteúdo que foi mais pesquisado é o de proporção matemática.

Quanto às formas de abordagem do ensino da Matemática pela resolução de problemas, compreendemos que são diversificadas e dependem de diversos fatores, ao que notamos ser uma área muito abrangente, que permite pesquisas do campo da Matemática pura, aplicada e Educação Matemática, da psicologia, entre outros. Outro fator que evidenciamos é que há uma certa regionalidade na utilização da resolução de problemas, em que, apesar de a ideia básica de resolver problemas, pudemos delimitar que cada país tem as suas especificidades ao trabalhar com a resolução de problemas.

Por fim, evidenciamos, entre as abordagens relacionadas à resolução de problemas nos trabalhos mais relevantes atualmente, que:

Há trabalhos que buscam evidenciar as habilidades em resolver problemas, no sentido de como o aluno aprenderia, como podemos utilizar a tecnologia aliada à resolução de problemas e à habilidade em relação ao estilo de aprendizagem do professor em contraste com determinados tipos de problemas. Há produções que procuram evidenciar o pensamento crítico dos futuros professores, bem como dos alunos, a relação entre o tipo de problema a ser trabalhado e o tipo de argumento questionado.

Há pesquisas relacionadas a evidenciar a aprendizagem dos conceitos matemáticos com a resolução de problemas, envolvendo assim a ideia de conexões, que foi mais explicitamente abordada por Allevalo e Onuchic (2019), sendo também trabalhadas as conexões com os conteúdos do cotidiano. Desta forma, consideramos que esta produção pode colaborar com professores e pesquisadores interessados no tema da resolução de problemas na formação inicial do professor de Matemática. Outrossim, destacamos que não se trata apenas de uma revisão bibliográfica, mas de um apontamento do que há na fronteira do conhecimento sobre esse tema, possibilitando assim que este trabalho sirva de base para que se dê continuidade nas pesquisas dessa área. Para trabalhos futuros, buscaremos explorar os outros trabalhos que o *Methodi Ordinatio* nos proporcionou encontrar.

AGRADECIMENTOS

O autor LORM agradece à Capes pela bolsa de doutorado e a autora ALP agradece à Fundação Araucária pela bolsa produtividade.

LUIZ OTAVIO RODRIGUES MENDES

Doutorando em Educação para a Ciência e a Matemática - PCM pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG (2019). Especialização em Educação Especial e Inclusiva pela Faculdade Educacional da Lapa - FAEL (2019); Graduação em Licenciatura em Matemática pela UEPG (2016).

ANA LUCIA PEREIRA

Doutora (2011) e Mestre (2005) em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Professora do Departamento de

Matemática e Estatística e dos Programa de Pós-Graduação em Educação e Programa em Ensino de Ciências e Educação Matemática (2017) na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Bolsista de Produtividade da Fundação Araucária-Paraná.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. R. As conexões trabalhadas através da resolução de problemas na formação inicial de professores de Matemática. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, [s. l.], n. 2, p. 1-14, 2019.

ALTUN, H. Examining the Problem-Solving Skills of Primary Education Mathematics Teacher Candidates According to Their Learning Styles. *International Education Studies*, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 60-73, 2019.

ARCAVI, A.; FRIEDLANDER, A. Curriculum developers and problem solving: the case of Israeli elementary school projects. *Zdm*, [s. l.], v. 39, 2007.

ARTIGUE, M.; HOUEMENT, C. Problem solving in France: didactic and curricular perspectives. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 365-382, 3 ago. 2007.

BOERO, P.; DAPUETO, C. Problem solving in mathematics education in Italy: dreams and reality. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 383-393, 21 ago. 2007.

BURKHARDT, H.; BELL, A. Problem solving in the United Kingdom. *Zdm*, 2007.

CAI, J.; NIE, B. Problem solving in Chinese mathematics education: research and practice. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 459-473, 6 jul. 2007.

CHI, M. T. H; GLASER, R. A capacidade para a solução de problemas. *In*: STENBERG, R. *As capacidades intelectuais humanas: uma abordagem em processamento de informações*. Tradução de Dayse Batista. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992. p. 249-275.

CLARKE, D.; GOOS, M.; MORONY, W. Problem solving and Working Mathematically: an Australian perspective. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 475-490, 2007.

COSTA, M. S.; ALLEVATO, N. S. G. A formação inicial de futuros professores de matemática sob a perspectiva da resolução de problemas. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 2019.

DEWEY, J. *How We think*. Boston: D. C. Heath & Co, 1910.

DOORMAN, M. *et al.* Problem solving as a challenge for mathematics education in The Netherlands. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 405-418, 11 jul. 2007.

ECHEVERRIA, M. D. P. A solução de problemas em matemática. In: POZO, Juan Ignacio (org.) *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre, ArtMed, 1988, p. 43-66.

ELLERTON, N. F. Engaging pre-service middle-school teacher-education students in mathematical problem posing: development of an active learning framework. *Educational Studies in Mathematics*, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 87-101, 2013.

FAN, L.; ZHU, Y. From convergence to divergence: the development of mathematical problem solving in research, curriculum, and classroom practice in Singapore. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 491-501, 28 jul. 2007.

FIORENTINI, D. A formação matemática e didático-pedagógica nas disciplinas da licenciatura em matemática. *Revista de Educação PUC-Campinas*, n. 18, 2012.

FIORENTINI, D. *et al.* Formação de professores que ensinam matemática: um balanço de 25 anos de pesquisa brasileira. [S. l.], 2002.

GATTI, B. A. Formação de professores no Brasil: características e problemas. *Educação & Sociedade*, [s. l.], v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GREENHALGH, T. *et al.* Diffusion of innovations in service organizations: systematic review and recommendations. *The Milbank Quarterly*, [s. l.], v. 82, 2004.

HALMOS, P. R. The Heart of Mathematics. *The American Mathematical Monthly*, [s. l.], v. 87, n. 7, p. 519-524, ago. 1980.

HEPPNER, P. P.; PETERSEN, C. H. The development and implications of a personal problem-solving inventory. *Journal of counseling psychology*, [s. l.], 1982.

HERNÁNDEZ, A.; PERDOMO-DÍAZ, J.; CAMACHO-MACHÍN, M. Mathematical understanding in problem solving with GeoGebra: a case study in initial teacher education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, [s. l.], p. 1-16, 2019.

HINO, K. Toward the problem-centered classroom: trends in mathematical problem solving in Japan. *Zdm*, [s. l.], v. 39, n. 5-6, p. 503-514, 28 jul. 2007.

IRFAN, M. *et al.* Why do pre-service teachers use the two-variable linear equation system concept to solve the proportion problem? In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, [s. l.], 2019. p. 012-013.

KOLB, D. Towards an applied theory of experiential learning. *Theories of Group Process*, [s. l.], p. 33-56, 1985.

- KURNIATI, D. *et al.* The Truth-Seeking and Open-Mindedness of Pre-Service Mathematics Teachers in the Solution of Non-Routine Problems. *International Journal of Instruction*, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 915-930, 2019.
- MOLINA, O.; SAMPER, C. Tipos de Problemas que Provocan la Generación de Argumentos Inductivos, Abductivos y Deductivos. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, [s. l.], v. 32, p. 62, 2019.
- MONTE, S. F.; FEITOSA, E. M. A. Formação de professores em países com alto desempenho no Pisa e no Brasil: uma pesquisa exploratória. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 3., 2016, Natal. *Anais [...]*. Natal: Conedu, 2016.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. An agenda for action. Reston: NCTM, 1980.
- PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, 2015.
- PERRENOUD, P. A formação dos professores no século XXI. In: PERRENOUD, P.; THURLER, M. G. *et al.* *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed, 2002a. cap. v. 1, p. 11-33, 2002.
- POLYA, G. *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. 2. ed. New Jersey: Princeton, 1957. 139 p.
- PONTE, J. P. da. *Concepções dos professores de matemática e processos de formação*. [S. l.: s. n.], 1992.
- PROENÇA, M. C. de. *Resolução de problemas: encaminhamentos para o ensino e a aprendizagem de Matemática em sala de aula*. Maringá: Eduem, 2018.
- SARI, A. F.; ERNAWATI, A.; ABIDIN, Z. Prospective teachers' understanding on students' learning hypotheses in solving proportion problem. In: *Journal of Physics: Conference Series*. [S. l.]: IOP Publishing, 2019. p. 012113.
- SERRAZINA, L. A formação para o ensino da Matemática: perspectivas futuras. *A formação para o ensino da matemática na educação pré-escolar*, n. 1, p. 9-19, 2012.
- SCHOENFELD, A. H. *Mathematical problem solving*. Orlando: Academic Press, 1985.
- SCHROEDER, T. L.; LESTER JR, F. K. Developing Understanding in Mathematics via Problem Solving. In: TRAFTON, P. R.; SHULTE, A. P. (ed.). *New Directions for Elementary School Mathematics*. Reston: NCTM, 1989. p. 31-42.



SWELLER, J.; COOPER, G. A. The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and instruction*, [s. l.], v. 2, n. 1, 1985.

TARDIF, M.. *Saberes docentes e formação profissional*. [S. l.]: Editora Vozes Limitada, 2012.

TÖRNER, G.; SCHOENFELD, A. H.; REISS, K. M. Problem solving around the world: summing up the state of the art. *Zdm*, Heidelberg, v. 39, 2007.

TOULMIN, S. E. *The uses of argument*. [S. l.]: Cambridge university press, 2003.

Recebido em: 17/06/2020.

Aprovado em: 01/02/2021.