

Direcionamentos Teóricos e Metodológicos sobre o Conceito de Função na Formação Continuada: uma revisão sistemática de literatura

Theoretical and methodological directions on the concept of function in teaching education: a systematic literature review

Caroline Miranda Pereira **Lima** *

 ORCID iD 0000-0002-8235-4050

Vinícius **Pazuch** **

 ORCID iD 0000-0001-6997-1110

Resumo

Este artigo visa descrever aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação continuada, a partir da realização de uma revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática foi realizada, segundo os princípios do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), e os artigos revisados foram categorizados, a fim de identificar os contextos formativos para uma reflexão sobre as abordagens teóricas e as estratégias metodológicas utilizadas nas pesquisas. Os resultados, comunicados em uma metassíntese e condensados em um quadro, apontam direcionamentos teórico-metodológicos de momentos formativos centrados no estudo do conceito de função e evidenciam a necessidade de dominar os recursos didático-pedagógicos a serem utilizados, de coordenar o processo de transição do conhecimento aritmético para o algébrico e de gerenciar os processos de avaliação e formação, destacando oportunidades de aprendizagem profissional.

Palavras-chave: Formação de Professores. Professor que Ensina Matemática. Conhecimentos Profissionais Docentes.

Abstract

This article aims to describe theoretical and methodological aspects of research on the concept of function in teaching training education based on a systematic literature review. The systematic review was conducted according to the principles of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA), culminating in the categorization of the reviewed articles in order to identify the formative contexts for a reflection on the theoretical approaches and methodological strategies used in surveys. The results, communicated in a meta-synthesis and condensed in a table, point to theoretical-methodological directions of formative moments on the

* Mestra em Ensino e História das Ciências e Matemática pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Analista de Segurança da Informação na Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio-Libanês (SBS-HSL), São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: caroll_mpl@hotmail.com.

** Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). Professor Adjunto do Centro de Matemática, Computação e Cognição da Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André, São Paulo, Brasil. E-mail: vinicius.pazuch@ufabc.edu.br.

concept of function, evidencing the need to master the didactic-pedagogical resources to be used, to coordinate the knowledge transition process from arithmetic to algebraic and managing assessment and training processes, highlighting professional learning opportunities.

Keywords: Teacher education. The teacher who teaches mathematics. Professional teaching knowledge.

1 Introdução ao contexto de estudo e percursos metodológicos

A formação do professor pode ser compreendida como o caminho para a promoção de momentos de planejamento de aula, da prática docente e da produção de conhecimento, orientados por discussões vinculadas a conceitos matemáticos, no que se refere aos seus aspectos pedagógicos, didáticos e específicos. Neste contexto, a promoção de oportunidades para refletir sobre diversas interpretações e experiências de matemáticos e educadores matemáticos e constituir uma diversidade de configurações comunicativas específicas que abordam conceitos matemáticos, dentre eles, o conceito de função, ocorre no contexto da formação de professores (Santos, 2017).

A temática de funções se configura como uma das quatro dimensões da Álgebra, juntamente com as temáticas de equações, de dimensão estrutural e aritmética generalizada (Ponte; Branco; Matos, 2009; Usiskin, 1994), e seu conceito desempenha um importante papel na descrição, na interpretação e na construção de gráficos para representação de fenômenos naturais, assim como no estabelecimento de conexões com outros conceitos matemáticos (Gonçalves, 2015). Em complementação, para Tabach e Nachlieli (2015), o ensino do conceito de função pode apresentar contratempos didáticos, visto que o uso correto desse conceito por parte dos estudantes não implica que detenham os conhecimentos para utilizá-la na identificação de outros objetos matemáticos, embora estes já tenham sido explicitados na sala de aula.

Nessa perspectiva, Ribeiro e Cury (2015) apresentam pesquisas que abordam os conhecimentos algébricos de professores e estudantes, no que tange às dificuldades de aprendizagem do conceito de função. Em sua pesquisa, as práticas em sala de aula são consideradas os alicerces para modificações nos cursos de formação inicial e continuada de professores de Matemática em relação ao ensino de Álgebra.

A prática pedagógica coloca em ação os conhecimentos profissionais do professor que ensina Matemática, e a compreensão do conceito de função é mobilizada na formação inicial e na continuada (Pazuch; Ribeiro, 2017). Adicionalmente, Pazuch e Ribeiro (2017) apontam que, mediante as dificuldades de aprendizagem e os eventuais obstáculos associados ao contexto da prática pedagógica, pode ocorrer a ressignificação dos conceitos. Neste aspecto, distintos e

novos significados são atribuídos ao conceito de função e ao conhecimento dos professores para o ensino no processo contínuo de formação.

Desta forma, este artigo estabelece como objetivo *descrever aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação continuada*. Para tanto, nesta revisão de literatura interessa sistematizar aspectos teóricos e metodológicos presentes nos artigos de pesquisa selecionados e sintetizar as informações relacionadas ao ensino do conceito de função na formação continuada do professor que ensina Matemática. Assim, os procedimentos metodológicos delimitados visam identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes da área de Educação Matemática para, porventura, utilizá-las na produção e na análise de dados em estudos futuros.

Segundo Knopf (2006), as revisões da área de Ensino, comumente, partem de uma amostragem não sistematizada e com critérios não explicitados, de modo que não especificam os métodos utilizados para identificar, selecionar e analisar os estudos revisados. Ao mesmo tempo, tal modelo permite delimitar interpretações gerais e discussões críticas sobre os trabalhos da revisão de literatura, muito embora essas revisões não discriminem a inclusão ou não de determinados trabalhos da literatura.

Assim, ao considerar essas limitações apresentadas em Knopf (2006), para esta revisão de literatura recorreremos aos princípios estabelecidos pelo *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), por suas instruções apresentadas de forma clara, pelo reconhecimento e pela utilidade do modelo em diferentes áreas de pesquisa (Moher *et al.*, 2009). Com isso, para a revisão foram incorporadas etapas de: (i) identificação, triagem e seleção de publicações, (ii) leitura e avaliação crítica dos artigos selecionados e (iii) apresentação dos resultados.

1.1 Estratégia de busca e seleção das fontes de informações da revisão de literatura

A busca e a seleção dos artigos foram realizadas nas bases de dados *Scielo*, *Math Educ Database*, *Web of Science* (WoS) e *Scopus*. A escolha dessas bases se deve ao alcance e à disseminação de trabalhos, em função da disponibilização de acessos fornecidos às bases de indexação de artigos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do Portal de Periódicos CAPES. Isso viabiliza à pesquisa uma abrangência *sui generis*. Decorrente dessa garantia de representatividade, a utilização das bases de dados tem por escopo facilitar a organização do banco de artigos da revisão e a quantificação de determinadas informações. É importante ressaltar que uma limitação da pesquisa é a não

apuração de todas as bases existentes.

Particularmente, as bases *Scopus* e *WoS* contam com 309 e 114 títulos de revistas brasileiras indexadas, respectivamente, comprovando que a *Scopus* possui maior cobertura que a *WoS*, visto que contém mais do que o dobro de revistas incorporadas no contexto internacional e nacional (Rodrigues; Quartiero; Neubert, 2015). No entanto, Packer (2011) expressa que há entraves para a integração de produções científicas brasileiras e de outros países em desenvolvimento nas bases internacionais de informação científica. Por essas razões, optamos por utilizar a base de dados *SciELO*, que tem forte representatividade no Brasil (Vicente *et al.*, 2017), devido à quantidade de publicações em português e espanhol nas áreas de Ensino e Educação.

A base *Math Educ Database* é especializada no campo da Educação Matemática, assim como em publicações dedicadas à comunicação das habilidades matemáticas em escolas e universidades (Ruffer-Henn; Wegner, 2010). A determinação das quatro bases para esta revisão de literatura abrange artigos relevantes no âmbito internacional e nacional classificados no campo da Educação Matemática. Com isso, procuramos identificar os termos de busca que seriam adequados aos objetivos do estudo, sendo utilizados os termos *conceito de função* e *formação de professores* presentes no corpo do texto, organizados no Quadro 1.

Idioma	Expressões de busca
Inglês	Teacher education; concept of function or Function concept.
Português	Formação de professores; conceito de função.
Espanhol	Educación del profesorado o Formación docente; concepto de función

Quadro 1– Lista de expressões para as buscas de artigos
Fonte: os autores (2019)

Todas as buscas foram realizadas em 31 de julho de 2019, considerados todos os tipos de publicações no período de janeiro de 2009 até o fim do mês de julho de 2019. Dessa forma, estabelecemos um ano inicial de publicação para inclusão dos trabalhos ao nosso banco de dados, a fim de apresentar resultados nas pesquisas de Educação Matemática sobre esta temática – ensino do conceito de função na perspectiva da formação de professores – no período supracitado.

A pesquisa organizada em cada base de dados considerou todos os campos (toda a estrutura e o corpo dos trabalhos) em que as expressões de busca apresentadas no Quadro 1 pudessem ser identificadas. No Quadro 2 são relacionadas as estratégias de busca, juntamente com o número de resultados computados para cada base de dados, contemplando o banco de dados inicial para a revisão de literatura.

Base de dados	Estratégias de busca	N.º de publicações adquiridas
Scopus	<i>(ALL("TEACHER EDUCATION") AND ALL ("FUNCTION CONCEPT" OR "CONCEPT OF FUNCTION"))</i>	232
WoS	<i>ALL= (("Teacher education") AND ("function concept*" OR "concept* of function"))</i>	1
Scielo	<i>("Formação de professores") AND ("conceito de função") (("Educación del profesorado" OR "Formación docente")) AND ("concepto de función")</i>	0
MathEduc	<i>ANY:"TEACHER EDUCATION" & (ANY:"FUNCTION CONCEPT" "CONCEPT OF FUNCTION")</i>	2

Legenda: Uso do operador *AND* para busca simultânea de termos nas bases *de dados*. Uso do operador *OR* para casos de variações da escrita de um mesmo termo, por exemplo: o termo “conceito de função” em inglês pode ser traduzido como *concept of function* ou *function concept*. Uso dos termos entre aspas (“ ”) para evitar a busca dos termos juntos.

Quadro 2 – Estratégias de busca para as bases de dados e apuração do número de publicações com relação às expressões de busca
Fonte: os autores (2019)

Assim, especificamos o número total de publicações adquiridas em cada base: 232 na base de dados Scopus, uma na base *WoS* e duas na base *Math Educ*. Não foram encontradas, na base de dados da *Scielo*, publicações conforme os termos dispostos no Quadro 2, apesar da relevância em território brasileiro apontada pela pesquisa de Vicente *et al.* (2017).

1.2 Apresentação dos critérios de seleção e exclusão dos artigos analisados

Num primeiro momento, foram excluídas as publicações identificadas no processo de triagem e caracterizadas como cartas, editoriais, resenhas, comentários, capítulos ou livros completos. Porém, posteriormente, o processo de seleção agrupou-as nestas categorias: a) formação continuada de professores que ensinam Matemática; b) formação inicial de professores que ensinam Matemática; c) ensino e aprendizagem de estudantes da Educação Básica; d) estudos teóricos e revisões de literatura; e) termo *conceito de função* presente apenas nas referências da publicação – isto é, não há discussão proveniente deste assunto, a referência é apresentada no artigo para justificar outro tópico matemático, e não se enquadra no escopo de pesquisa do presente trabalho. Assim, a revisão sistemática contemplou quatro etapas (Figura 1):

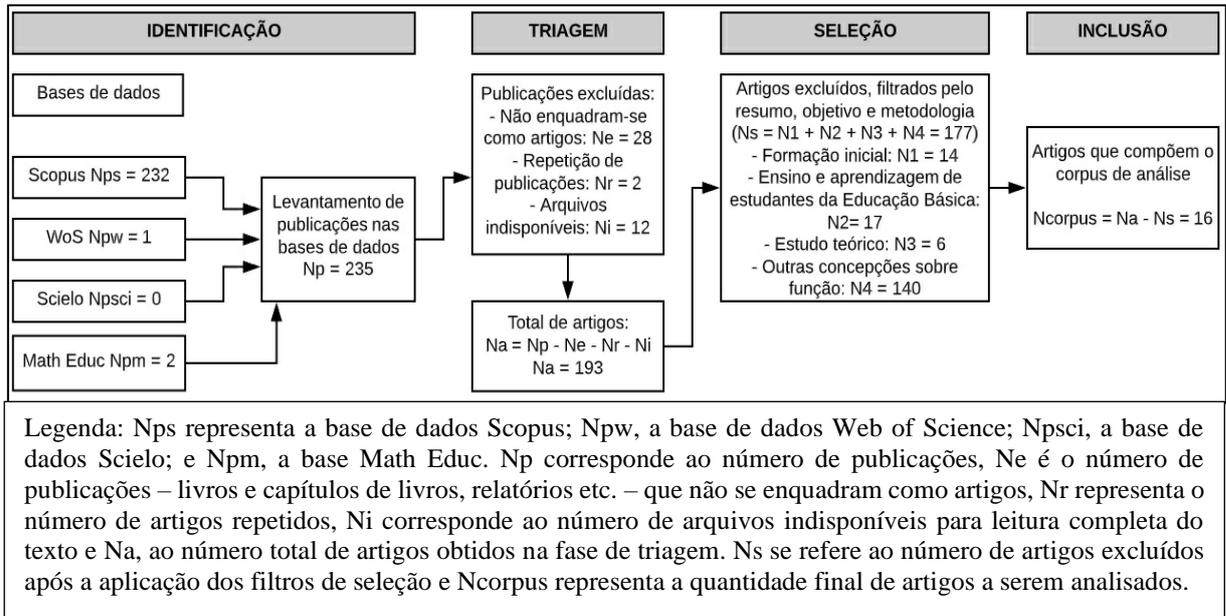


Figura 1 – Diagrama, segundo os critérios do PRISMA, representando a amostragem das publicações em cada estágio da revisão sistemática
Fonte: os autores (2019)

As etapas apresentadas na Figura 1 compõem: (i) identificação (levantamento preliminar das publicações), (ii) triagem (exclusão de publicações repetidas, não disponíveis ou não enquadradas como artigos, isto é, capítulos de livros, relatórios, entre outros), (iii) seleção (análise detalhada dos artigos: após a leitura dos resumos, dos objetivos e das metodologias dos textos, excluímos aqueles cujas concepções e discussões sobre o conceito de função não eram o foco principal da revisão) e (iv) inclusão (fechamento do banco de dados), totalizando 16 artigos que compõem o *corpus* de análise deste texto. Destacamos que, após a etapa de seleção dos artigos, excluímos os artigos que abordavam, sobre o termo *função*, outras concepções que não estivessem relacionadas ao campo da Matemática – por exemplo, o significado do termo como atividade natural ou característica de algo, ou como obrigação a cumprir, papel a desempenhar.

2 Sínteses interpretativas dos artigos

Nesta seção, propomos a produção de sínteses interpretativas de cada artigo. Segundo Fiorentini e Crecci (2017), uma síntese interpretativa não é um resumo do artigo analisado, mas uma produção interpretativa analítica feita pelos pesquisadores, destacando seu objetivo ou questão de pesquisa e o modo como a questão foi respondida. As sínteses analíticas e interpretativas elaboradas contemplam informações dos 16 artigos selecionados, que são o *corpus* final de análise.

A *priori* foram estabelecidas categorias para classificar os artigos conforme a abordagem metodológica predominante em cada contexto de formação continuada escolhido pelos autores de cada artigo (Quadro 3).

Abordagem metodológica predominante	Autor (es) do artigo	Descrição do contexto de formação continuada
Organização de programas e/ou cursos destinados à formação continuada de professores, com utilização exclusiva dos dados produzidos pelos professores participantes	Ribeiro e Ponte (2019)	Curso destinado a professores do estado de São Paulo sobre o ensino de álgebra na Educação Básica, com 31 reuniões presenciais e nove atividades a distância. O encontro escolhido foi dirigido por dois instrutores, sendo analisadas as gravações em grupo e os protocolos de desenvolvimento das tarefas pelos professores.
	Gierdien (2014)	Análise das discussões e das planilhas de cada professor participante nas sessões do programa de planilhas de álgebra. Foi disponibilizado um local com computadores e trabalhados os tópicos de funções e inequações. A pesquisa envolveu professores do Ensino Médio de Cape Town (África do Sul).
	Steele, Hillen e Smith (2013)	Análise de tarefas escritas, entrevistas e discussões sobre aulas de professores participantes de um curso sobre metodologias matemáticas, com foco no desenvolvimento do conhecimento de função.
	Weber, Tallman e Middleton (2015)	Curso de modelagem com duração de 15 semanas, organizado em uma universidade dos Estados Unidos, integrado ao curso de mestrado em Ciência, Tecnologia, Modelagem em Engenharia e Matemática (STEM). A produção dos dados inclui lições envolvendo problemas de modelagem (foco em termodinâmica) e discussões em grupo, visando trabalhar proporcionalidade, funções e taxa de variação.
	Busch, Barzel e Leuders (2014)	Análise das respostas dos pré e pós testes (<i>online</i>) dos 26 professores participantes em três <i>workshops</i> , voltados para a “Compreensão dos estudantes sobre pensamento funcional”, coordenados por uma unidade contínua de desenvolvimento profissional que, posteriormente, foi designada para um estudo estadual oficial em um programa de formação continuada de professores, oferecido pelo Ministério da Educação em Baden-Württemberg, Alemanha.
	Asghary, Shahvarani e Medghalchi (2013)	Análise de questionários, entrevistas e observação de 15 professores dos Anos Iniciais, participantes de um programa de desenvolvimento profissional, de seis meses de duração, com foco em promover o pensamento funcional.
Organização de programas e/ou cursos destinados à formação continuada de professores, com utilização dos dados produzidos pelos professores participantes e seus respectivos alunos	Jankvist e Niss (2015)	A partir de um programa de educação baseado em pesquisas sobre <i>conselheiros de matemática</i> em serviço para professores dinamarqueses de matemática do Ensino Médio, foram analisadas as interações entre os professores e os estudantes, a prática docente, os três pré-testes aplicados nos estudantes e os três (sub) projetos realizados pelos professores participantes do curso.
	Sharpe e Schliemann (2017)	Análise das respostas dos trabalhos realizados por alunos do 7.º ano, cujos professores estavam inseridos em um programa de abordagem de funções, composto por dois cursos. Elas foram comparadas às respostas de alunos do 7.º ano de outros professores não participantes do programa, considerando que todos os professores atuam na mesma escola. Os professores realizaram uma avaliação <i>online</i> e foram observados no decorrer dos cursos, enquanto os alunos trabalharam na resolução de quatro problemas.

Análise da ação/prática docente em sala de aula, com produção de dados (protocolos, testes, entrevistas etc.) pelos professores e estudantes	Brunstrom e Fahlgren (2015)	Análise das folhas de trabalho dos estudantes, da interação entre dois estudantes e entre professor e aluno. Esse estudo foi realizado com quatro professores do Ensino Médio, cujas escolas forneceram computadores para o uso do <i>software</i> GeoGebra para resolução de tarefas. O artigo aborda somente a primeira interação do processo de <i>design</i> (planejamento) de uma sequência de tarefas.
	Bayazit (2010)	Análise de 14 episódios de aula de dois professores sobre função por partes, além do material dos estudantes provenientes dos resultados de pré e pós testes e de entrevistas semiestruturadas com três alunos (baixo, médio e alto desempenho) de cada professor.
	Hatisaru e Erbas (2017)	Análise das avaliações escritas, de gravações de cinco e seis aulas das professoras Ali e Fátima, respectivamente, que atuam em colégios vocacionais. As entrevistas feitas com as professoras e as respostas dos testes destinados aos estudantes do 9.º ano compõem o conjunto de dados da pesquisa.
Análise da ação/prática docente em sala de aula	Rodriguez-Flores <i>et al.</i> (2016)	Análise da prática em sala de aula de um professor que ensina matemática, através de áudio e vídeo gravações, em um colégio na Costa Rica. A investigação centra-se no conhecimento comum do conteúdo, manifestado ao ensinar funções.
	Drijvers <i>et al.</i> (2010)	Análise de oito episódios de aula, nos quais três professoras voluntárias experientes, porém pouco habituadas ao uso de tecnologias em sua prática docente, fizeram uso delas, atendendo à proposta da pesquisa. Desenvolvida em uma escola belga e em nove escolas holandesas, a pesquisa cumpriu três ciclos: fase de (re) <i>design</i> , fase do experimento de ensino e fase de análise de dados.
	Watson e Harel (2013)	Análise das aulas de dois professores especialistas com conhecimento avançado em funções durante um período de quatro dias. Foram consideradas as observações de campo, as interações individuais e as coletivas com os estudantes, além de uma conversa (pós-aula) para esclarecimentos.
Aplicação de formulários avaliativos ou questionários, além da realização de entrevistas com os professores participantes da pesquisa	Reckase <i>et al.</i> (2015)	A pesquisa envolveu um grupo de pesquisadores matemáticos e educadores matemáticos internos e externos à Universidade do Estado de Michigan, responsáveis por três conferências, sobre as quais os participantes/entrevistados responderam questionários que pontuaram itens para composição de instrumentos de avaliação do conhecimento de álgebra para o ensino. Dentre os participantes estão matemáticos, educadores matemáticos, professores da Educação Básica e alunos na formação inicial de cursos de matemática, promovendo um <i>mix</i> de perfis de conhecimento.
	Kop <i>et al.</i> (2015)	Análise das respostas dos oito professores de matemática (cinco professores especialistas e três professores da escola secundária), para tarefas contendo dois problemas gráficos complexos elaborados pelos autores. A parte experimental desenvolveu-se em um estudo exploratório, e, previamente, foram entrevistados três educadores matemáticos com respeito a fórmulas gráficas para elaboração das interações com os participantes.

Quadro 3 – Categorização dos artigos do *corpus* de análise de acordo com a abordagem metodológica predominante na pesquisa

Fonte: os autores (2019)

No primeiro grupo relacionamos seis artigos que utilizaram a criação de *programas e/ou cursos de formação para professores* como estratégia metodológica para interagir em seus

respectivos contextos de formação continuada, os quais *utilizaram unicamente* os protocolos, as interações e as discussões entre *os professores participantes* para compor os dados para análise em cada artigo.

Ribeiro e Ponte (2019) estruturam o objetivo de seu estudo em torno do potencial das oportunidades de aprendizagem profissional (OAP) e de um curso voltado à formação continuada de professores com aporte à prática em sala de aula. As OAP oferecem uma base às discussões a respeito das dificuldades dos estudantes, dos recursos, das abordagens de ensino e do grau de dificuldade das tarefas, cujas TAP utilizadas permitiram estabelecer diferentes significados de conceitos algébricos mobilizados no processo de ensino e proporcionaram discussões das compreensões dos estudantes e do uso de diferentes representações do conceito de função. Ademais, a proposta formativa dos autores possibilitou o trabalho coletivo e discussões com foco na prática de professores em torno das TAP e dos conhecimentos matemáticos e didáticos para o ensino do conceito de função.

Gierdien (2014) considera em seu trabalho que, para a transição da Aritmética para a Álgebra, deve ocorrer uma conceitualização de funções, em que três áreas inter-relacionadas se destacam. Primeiramente, o contexto educacional, estabelecido pela teoria da prática social; em segundo, o fortalecimento e a consolidação das compreensões docentes sobre funções; e, por fim, o uso de planilhas (folhas de cálculo) para o ensino de inequações pelos professores. A abordagem do conceito de função oportunizou *tentativas* de rupturas e descontinuidades entre a aritmética e a álgebra ao longo dos anos de ensino, sendo estas vistas como evidência da exclusão da denominada *álgebra de lápis-papel* pelos professores, enquanto se faz uso das planilhas para visualizar a dualidade processo-objeto, associando as tabelas às incógnitas da lei de formação.

Steele, Hillen e Smith (2013) descrevem mudanças no conhecimento matemático para o ensino (*Mathematical Knowledge for Teaching – MKT*), para o ensino de funções, através da identificação de tarefas relacionadas a funções e em trabalhos de estudantes que apresentavam tipos de funções e não funções, a fim de elaborar um mapa (núcleo) de progressão de atividades realizadas. Neste aspecto, os professores demonstravam maior facilidade em identificar e fornecer exemplos de funções, ao invés de propor definições precisas sobre o conceito, observando uma alteração nas habilidades relacionadas à manifestação, com maior fluência, ao conectar as representações e mobilizá-las, a fim de significar uma situação matemática envolvendo funções. Em contrapartida aos resultados pressupostos pelos autores, que esperavam que o Conhecimento Comum do Conteúdo relacionado a funções dos professores fosse mais dominante, os professores apresentaram alterações no Conhecimento Especializado

do Conteúdo, no qual aspectos do MKT estão vinculados a uma sistemática de oportunidades sujeitas às realizações dos estudantes.

Weber, Tallman e Middleton (2015) buscaram abranger os assuntos de proporcionalidade, funções e taxas de variação com base nos conhecimentos previstos para professores que atuam no Ensino Fundamental, tomando o conteúdo de termodinâmica como temática para a aplicação de modelagem, visando contribuições ao MKT. Ao utilizarem a termodinâmica, os professores se acostumaram a pensar sobre funções como uma relação invariante entre quantidades e, assim, foram capazes de elaborar experimentos e dados avaliativos a partir de um entendimento que busca por padrões. Consequentemente, os diferentes padrões culminaram em diferentes tipos de função, que podem representar fenômenos naturais, possivelmente modificando a forma de conceitualizar a ideia de função.

Busch, Barzel e Leuders (2014) delimitam como escopo de pesquisa investigar competências por meio de um diagnóstico no campo das funções e dos gráficos e na forma de realizar melhorias em seu ensino. O trabalho realizado com tarefas de estudantes levantou razões hipotéticas para possíveis erros, como também diagnósticos individuais e coletivos relativos ao pensamento funcional dos estudantes, comparações de definições variadas do conceito de função em livros didáticos e identificação dos pontos fortes e fracos da análise das experiências propostas.

O estudo de Asghary, Shahvarani e Medghalchi (2013), por sua vez, considerou a avaliação de desenvolvimento profissional e matemático através de mudanças nas convicções epistemológicas e nas experiências de desenvolvimento profissional. Ao verificarem a elaboração de tarefas não apenas como recurso, mas como indicador da maestria dos professores sobre assuntos e processos definidos pelo pensamento funcional, os autores evidenciaram as categorias de pensamento funcional que permitiram abordar o pensamento algébrico e apresentar exemplos e tarefas vinculados a cada categoria. Esse trabalho contribuiu para a proficiência docente no raciocínio algébrico e para a quebra da resistência ao trabalho com as várias representações do conceito de função por meio de estratégias de ensino.

O *segundo grupo* de pesquisas reúne dois artigos e, similarmente ao primeiro, refere-se aos estudos que optaram por *organizar programas e/ou cursos de formação continuada*, porém os pesquisadores decidiram inserir, nos *dados coletados com os professores* participantes da pesquisa, os *resultados apresentados pelos alunos* desses professores.

Sharpe e Schliemann (2017) propuseram examinar a forma como, durante o ano acadêmico, se relacionam os resultados dos estudantes ao nível de conhecimento matemático sobre álgebra, funções e gráficos de seus professores. Em termos de resultados, destaca-se o

fato de estudantes – de baixo e alto nível – de professores participantes da pesquisa terem mostrado melhoria substancialmente maior do que os estudantes de professores não participantes, em razão do envolvimento da matemática na discussão de fenômenos cotidianos e científicos, do uso de diferentes representações e das considerações sobre a aprendizagem dos alunos nas discussões com um grupo de perfil heterogêneo.

Jankvist e Niss (2015) propõem, a partir da união entre teoria e prática, que professores identifiquem, observem e trabalhem com estudantes do Ensino Médio tratando de suas dificuldades em matemática. Neste aspecto, os autores pontuam similaridades, ao tratar do conceito de função, visto que os estudantes são capazes de fornecer uma correta definição do conceito de função; no entanto, não estão aptos para identificar se um objeto apresentado é uma função ou não, principalmente quando não estão representados em sua forma algébrica. Desse modo, a compartimentalização mental da compreensão de um conceito indica a ausência ou revela a localização distinta da compressão conceitual do estudante, podendo sobrepor interpretações sem se tornarem idênticas e, conseqüentemente, podem conduzir a incoerências e à formação de conceitos inconsistentes.

Os próximos três artigos compõem o *terceiro grupo*. Os autores optaram por analisar as *ações e as práticas dos professores em sala de aula e abranger os dados dos professores e dos estudantes*, compostos por uma variedade de estratégias metodológicas, como a análise de protocolos, aplicação de testes, realização de entrevistas, entre outras.

O estudo de Brunstrom e Fahlgren (2015) aponta e elabora variáveis didáticas essenciais para o planejamento prévio de tarefas que promovem o raciocínio de estudantes sobre funções exponenciais, com base na elaboração de sequências de ensino com uso do *software* de matemática dinâmica GeoGebra. Ao tratar de compreensões errôneas do conceito de função, é importante delimitar especificamente a forma de representação da função para compreender possíveis equívocos dos estudantes, evidenciando que as variáveis didáticas promovem a reflexão do significado matemático para, posteriormente, desenvolver um raciocínio conceitual, sendo ainda obstáculo para os estudantes a transição de uma abordagem de covariação para uma abordagem de correspondência. O uso dessas variáveis didáticas facilitou aos professores a identificação de escolhas importantes no processo de planejamento e construção de uma tarefa, além de encorajar a apresentação de explicações e argumentos para determinar as trajetórias de aprendizagem e suscitar o raciocínio dos estudantes.

Bayazit (2010) examina a influência da instrução de ensino de professores, conjuntamente com a compreensão dos estudantes de 9.º ano sobre conceitos mobilizados no

estudo de função por partes. Assim, utilizou-se de estratégias de amostragem¹ para definir o perfil dos estudantes com base nos resultados dos testes e nas recomendações dos professores para identificar alunos de baixo, médio e alto aproveitamento, abarcando os dados referentes aos estudantes. Desse modo, os resultados dessa pesquisa apontam as noções de ação e processo de conceitos de função em que os professores, notavelmente, diferem em suas abordagens sobre os fundamentos de uma função e, conseqüentemente, geram nos estudantes impressões distintas no entendimento deste conceito, visto que se utilizam da definição de função para encorajar o pensamento visual dos estudantes e o estabelecimento de relações entre as representações. Ou enfatizam os procedimentos ao invés do conceito, apresentando as propriedades da função e vinculando suas analogias somente ao contexto do estudante, sem considerar o elo entre a analogia e o conceito ensinado.

Hatisaru e Erbas (2017), por sua vez, propuseram um estudo para examinar o potencial das inter-relações entre o MKT, elaborado por Ball, Thames e Phelps (2008), mobilizados por professores sobre o conceito de função, e os respectivos desfechos na aprendizagem desse conceito por seus estudantes. Dentre os resultados, destacamos que o conhecimento especializado do conteúdo dos professores sobre o conceito de função se estabeleceu como uma condição necessária para o conhecimento do conteúdo e dos estudantes e estes conhecimentos influenciaram na prática instrucional e nas oportunidades e experiências de aprendizagem dos estudantes. Nesse aspecto, alguns dos resultados dos estudantes se desenvolveram independentemente do MKT ou de experiências de ensino, de maneira que alguns deles são inerentes às complexidades próprias do conceito, ou às dificuldades aritméticas que prejudicam a transição para construção de conceitos algébricos.

As pesquisas que compõem o *quarto grupo* observaram a prática docente em sala de aula, porém, optaram por *restringir suas análises às ações do professor*, diferentemente dos pesquisadores do terceiro grupo.

Rodriguez-Flores *et al.* (2016) determinam três objetivos específicos, os quais visam descrever o processo de ensino, identificar os componentes do Conhecimento Comum do Conteúdo e determinar indicadores deste conhecimento manifestados por um professor, a fim de caracterizar este conhecimento no ensino do conceito de função. Com isso, os pesquisadores descrevem as ações do professor participante no que tange à incorporação de conhecimentos prévios em suas explicações e à abordagem de conceitos relacionados ao conceito de função,

¹ Levantamento dos conhecimentos prévios, aspectos socioeconômicos, dentre outros fatores relacionados à relação professor-escola, à estrutura escolar e às qualificações em Matemática dos professores.

sendo que os componentes do Conhecimento Comum do Conteúdo revelaram o uso adequado de procedimentos, ou seja, o domínio procedural para abordar conhecimentos específicos, os quais admitem uma série de passos e ações para reconhecer as relações que correspondem a funções. Já para os indicadores, os conceitos analisados ressaltaram o vínculo com os conhecimentos matemáticos para o ensino, que, na prática, como no caso do conhecimento do conteúdo e dos estudantes, o professor foi capaz de reconhecer o conteúdo e a gama de respostas adequadas ou inadequadas, a qual aproveita para reafirmar ou rever o significado dos conceitos.

A pesquisa de Drijvers *et al.* (2010) utiliza a teoria da orquestração instrumental² como estrutura interpretativa do seu estudo, que foca na investigação dos tipos de orquestrações que os professores desenvolvem ao usar a tecnologia, no papel da tecnologia neste âmbito e na forma como ela está relacionada à visão dos professores na educação matemática. No arranjo de aprendizagem proposto para a orquestração das professoras, o conceito de função foi conceituado por meio de tarefas *input-output*, isto é, tarefas para estabelecer dados de partidas e resultados do processo. A análise das observações de comportamento de ensino e possíveis invariantes da orquestração no uso de tecnologias pelas professoras voluntárias abrangeu o conhecimento da complexidade de utilizar-se de tecnologias na educação matemática e identificou a necessidade de as orquestrações serem conduzidas mediante os conhecimentos mobilizados pelas professoras em suas experiências e visões da educação matemática e do papel das tecnologias nesse âmbito.

Watson e Harel (2013) propõem investigar se o conhecimento matemático pessoal de alto nível pode impactar no ensino de uma escola de baixo nível e como isso se processa. A análise dos dados considerou o tratamento de funções em uma cultura orientada por livros didáticos e por manifestações da autonomia do professor, em fluxo de conhecimento. Com relação ao desenvolvimento dos conceitos vinculados ao estudo de funções, os autores constataram que o ensino conduzido por professores com conhecimentos de função avançados (*function aware*) possibilita construir a compreensão do conceito de função em fluxo, ou seja, a partir de outros conceitos. Além disso, o uso do termo *função* com estudantes possibilitou experiências significativas que estimulassem sua necessidade intelectual, utilizando-se de um *design* curricular de matemática que reforçasse o processo contínuo de progressão conceitual entre assimilação e acomodação.

²A orquestração define a organização sistemática e intencional dos professores no ambiente de aprendizagem com o uso de diferentes artefatos – mais especificamente para o trabalho de Drijvers *et al.* (2010), os recursos tecnológicos. A teoria que Trouche (2004) apoia refere-se à orientação dos professores na gênese instrumental dos estudantes no momento em que orquestram situações matemáticas.

O *quinto grupo* está relacionado a dois estudos que apresentaram como procedimento metodológico predominante, em seus respectivos contextos de formação continuada, a aplicação de formulários avaliativos ou questionários, além de entrevistas com os professores participantes da pesquisa.

O objetivo do trabalho de Reckase *et al.* (2015) consiste na produção de um instrumento avaliativo como recurso para realizar pesquisas e avaliação do desenvolvimento profissional e da formação de professores, para investigar as conexões entre a efetividade do MKT de professores em termos dos efeitos na aprendizagem dos estudantes. Dados os três tipos de conhecimentos envolvidos – o escolar, o avançado e o de ensino –, os parâmetros de *design* para a construção do instrumento avaliativo foram distribuídos em domínios do conhecimento matemático. Dentre os resultados, os professores estabeleceram hipóteses sobre o desempenho dos alunos, o que refletiu em múltiplos tipos de conhecimentos necessários para o professor que ensina matemática, como, por exemplo, o conhecimento sobre os conceitos, os procedimentos, as representações, as aplicações e o raciocínio para o planejamento da aprendizagem dos estudantes.

Kop *et al.* (2015), por sua vez, propõem um quadro para descrever as várias estratégias para fórmulas gráficas com reconhecimento e heurística como dimensões. A estratégia de reconhecimento corresponde ao repertório básico de funções, aos sentidos dos símbolos e à decomposição de expressões algébricas em menores expressões, enquanto o processo heurístico está vinculado às perspectivas de função como processo-objeto, em que o conceito de função é definido como uma regra de cálculo. Os autores observaram, com respeito às estratégias de resolução das tarefas, que os especialistas apresentaram uma quantidade menor de etapas, maior reconhecimento e heurística na resolução, em comparação aos professores não especialistas, sendo que os professores recorreram a uma forte heurística, como um raciocínio qualitativo das fórmulas gráficas.

3 Sínteses integrativas dos grupos de categorias dos artigos

Neste artigo, propusemos uma revisão sistemática da literatura, a fim de descrever aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação continuada. A partir das sínteses interpretativas de cada artigo, elaboramos uma síntese das principais considerações de cada grupo de estudo, isto é, sínteses integrativas destacando os elos teóricos e metodológicos de pesquisa dos contextos de formação continuada.

Integrando-se as sínteses interpretativas do primeiro grupo, podemos destacar a

utilização de tarefas nos programas e nos cursos de formação continuada ou, como especificado por Ribeiro e Ponte (2019), o uso de TAP como instrumentos para oportunizar a aprendizagem profissional. Neste aspecto, a utilização de tarefas regulares no contexto educacional dos professores possibilitou evidenciar os objetivos e os recursos didáticos para o estudo de um único contexto matemático. Mais especificamente, as tarefas atuam como indicadores de maestria dos professores sobre o conceito de função e de proficiência com o raciocínio algébrico, como também com a quebra de resistências com o estudo do conceito de função, por meio da realização de diagnósticos da própria prática e das compreensões dos alunos sobre o conceito de função (Asghary; Shahvarani; Medghalchi, 2013; Steele; Hillen; Smith, 2013).

Outro aspecto a ser destacado nesse grupo é a temática do conceito de função vinculada às discussões do trabalho dos professores envolvidos em processos de formação continuada, com outros tipos de função e conteúdos associados a ela, o que expressa o conhecimento do conteúdo e do currículo por parte dos professores. No caso, Gierdien (2014) trabalha as inequações em seu programa de planilhas algébricas a partir de gráficos de funções, além de expressar tentativas de rupturas entre a aritmética e a álgebra, ao longo dos anos de ensino, por meio do conceito de função.

As pesquisas de Weber, Tallman e Middleton (2015) utilizam as funções para apresentar problemas de modelagem em termodinâmica; e as de Busch, Barzel e Leuders (2014) e Asghary, Shahvarani e Medghalchi (2013) versam sobre o desenvolvimento do pensamento funcional, no qual discutem categorias do pensamento. Além da compreensão dos estudantes sobre esse desenvolvimento, expressam aspectos do conceito de função a serem estudados de maneira *adiantada* nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental por meio da pré-álgebra e a necessidade de adaptação dos conteúdos sobre função, incluindo o tratamento de seu conceito, para o ensino de estudantes em outros níveis, ocorrendo uma flexibilização no currículo de funções.

As pesquisas do segundo grupo, ao incorporarem a análise dos resultados dos estudantes dos professores participantes de suas pesquisas, agregam os conhecimentos profissionais relacionados à compreensão dos estudantes sobre o conceito de função. Os momentos formativos aos quais os professores são submetidos revelam modificações nos desempenhos dos estudantes em tarefas voltadas à transição de representações do conceito de função (Sharpe; Schliemann, 2017), além de interpirem razões (cognitivas e epistemológicas) plausíveis para as ações dos estudantes em relação ao conceito de função (Jankvist; Niss, 2015). Neste contexto, segundo Sharpe e Schliemann (2017), o envolvimento de professores em cursos de formação permite realizar discussões matemáticas sobre o uso de diferentes representações, em

que se estabelecem relações entre o conceito de função e os fenômenos cotidianos e/ou científicos, e considerações sobre a aprendizagem dos alunos com grupo de professores de perfis heterogêneos.

Para a síntese do grupo três, pontuamos as interações entre os conhecimentos dos professores, o conceito de função e o entendimento dos estudantes sobre o conceito. Brunstrom e Fahlgren (2015) indicam variáveis didáticas que auxiliam no planejamento e na construção de tarefas com utilização de um determinado recurso tecnológico, de modo a ressaltar questões que trabalhem os significados de covariação e correspondência do conceito de função, como também as representações, suas conexões e a transição entre elas em momentos de revisão de conceitos com os estudantes. Em contraste, Bayazit (2010) revela a geração de distintos entendimentos sobre o conceito de função pelos alunos, em decorrência da opção da abordagem metodológica escolhida pelos professores, por meio das noções de ação e processo do conceito de função (Dubinsky, 1991).

Os apontamentos das pesquisas de Brunstrom e Fahlgren (2015) e Bayazit (2010) ajudam a reforçar a conclusão de Hatisaru e Erbas (2017), que aponta o Conhecimento Especializado do Conteúdo como uma condição necessária para que os estudantes estabeleçam conexões matemáticas com o conceito de função. Logo, as variáveis didáticas do estudo de Brunstrom e Fahlgren (2015) e as abordagens pedagógicas dos professores participantes da pesquisa de Bayazit (2010), são componentes dos conhecimentos mobilizados pelos professores para o ensino do conceito de função.

A integração entre as pesquisas que compõem o quarto grupo reverberam aspectos relacionados aos conhecimentos mobilizados por professores no ensino do conceito de função, mais especificamente o Conhecimento Comum do Conteúdo, de Ball, Thames e Phelps (2008). Nesta perspectiva, a orquestração instrumental, no trabalho com tecnologias para o ensino do conceito de função (Drijvers *et. al.*, 2010), transforma o ensino em uma “[...] consequência da necessidade de um conceito em ordem de lidar com novas as situações [...]” (Watson; Harel, 2013, p. 165, tradução nossa). Assim, a maneira com que os professores interagem com componentes atrelados ao conceito de função, como sua representação, o conceito de função associado às covariações, o cálculo de imagens e pré-imagens, entre outros, possibilita a construção da compreensão do conceito de função em fluxo. Dessa forma, a partir de outros conceitos, promovem-se experiências significativas que estimulem a necessidade intelectual (Watson; Harel, 2013), tornando processual a parte descritiva das pesquisas sobre o ensino do conceito de função.

Por fim, a última síntese, que abrange as dimensões de reconhecimento e heurística na

resolução de professores especialistas e professores do ensino básico (KOP *et al.*, 2015) e a produção de um instrumento avaliativo para a parametrização dos domínios do conhecimento matemático (Reckase *et al.*, 2015), revela estratégias de análise e classificação dos conhecimentos docentes utilizados após a verificação das respostas dadas em tarefas com foco no conceito de função. Em contrapartida, a elaboração de tarefas como instrumentos de avaliação genéricos está associada às considerações de perfis heterogêneos de ensino que, por sua vez, agregam uma ampla promoção das relações entre conhecimentos e ações dos professores para o ensino de funções.

Em conformidade com a totalidade de sínteses integrativas, observamos que há a possibilidade de elencar, entre os grupos de artigos, aspectos convergentes que configuram *aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação continuada*, seja na participação em cursos e/ou programas de formação continuada ou na observação de aulas conjuntamente com discussões individuais e/ou coletivas. Assim, dentre as estratégias e os aspectos identificados, pontuamos: 1) o uso de TAP; 2) a adaptação ou a relação com aspectos matemáticos do conceito de função para estudo em distintos níveis de ensino; 3) a abordagem de explicações referentes ao conceito de função, levando-se em conta sua distribuição no currículo; 4) o estudo das representações do conceito de função, conjuntamente com estratégias para facilitar a transição entre estes; 5) o uso de tecnologias como recurso didático para visualizar a transição entre representações do conceito de função e os respectivos conhecimentos mobilizados pelos professores; e 6) o planejamento, a realização e a avaliação de diagnósticos das compreensões dos estudantes sobre o conceito de função para estabelecer Parâmetros de ensino e de aprendizagem.

A interação de professores, no âmbito da formação continuada, para o estudo do conceito de função manifestou estratégias metodológicas e considerações teóricas em relação a um conceito matemático e as interferências no entendimento dos estudantes sobre o conteúdo (Bayazit, 2010; Bush; Barzel; Leuders, 2014; Jankvist; Niss, 2015; Tabach; Nachlieli, 2015; Watson; Harel, 2013).

Sendo assim, para a construção do conceito de função pelos estudantes, predominou o estabelecimento de relações e transições entre os conhecimentos aritméticos e os conhecimentos algébricos por meio de diferentes abordagens. A participação em processos formativos evidenciou, por meio da construção, da aplicação e da análise diagnóstica de TAP e tarefas matemáticas, possibilidades e dificuldades – tanto dos professores como de seus estudantes – sobre o conceito de função e a dinâmica em sala de aula para fomentar as contribuições e as lacunas das pesquisas na formação continuada de professores – em particular,

aquelas sobre o conceito de função.

4 Considerações finais

Ao restringir esta revisão à seleção de artigos, foram deixadas de lado informações presentes em livros e anais de conferências. No entanto, a inclusão de artigos de quatro bases de dados propiciou a abrangência de pesquisas publicadas em três idiomas distintos: português, inglês e espanhol.

O arranjo das sínteses integrativas entre cada grupo de artigos e a disposição dos direcionamentos teórico-metodológicos para professores dos estudos de formação continuada que ensinam sobre o ensino do conceito de função em Matemática permitem destacar, entre os resultados do artigo, as formas de mobilização e de comunicação do conceito de função. Mais especificamente, nas pesquisas em que convergem os resultados dos estudantes com os de seus respectivos professores, a determinação de objetivos para as ações e as escolhas docentes em sala de aula interfere diretamente na comunicação do conceito matemático.

Dito de outra forma, o Quadro 4 compila os direcionamentos teóricos e metodológicos de pesquisa destacados sobre o ensino do conceito de função na formação continuada.

Direcionamentos Teórico-Metodológicos	Descrição
Domínio dos recursos didático-pedagógicos	* Utilização de materiais concretos e recursos tecnológicos para abordagem do conceito de função e diferentes representações; * Escolha de recursos a partir do estabelecimento de variáveis didáticas.
Coordenação do processo de transição do conhecimento aritmético para o algébrico	* Delimitação de trajetórias didáticas para a conceitualização de uma função por meio de: <ul style="list-style-type: none">• Estudo de invariações e padrões;• Compreensão das respectivas categorias de pensamento funcional dos estudantes;• Diferentes representações do conceito;• Convergência entre currículos e da adaptabilidade de conteúdos.
Gerenciamento de processos formativos e avaliativos	* Predomínio do uso de TAP, acompanhadas de discussões coletivas sobre a prática pedagógica, como artifício para a avaliação dos resultados da formação continuada; * Estabelecimento do uso de tarefas matemáticas como recurso diagnóstico do desempenho dos estudantes; * Planejamento e desenvolvimento de tarefas como momento de aprofundamento dos conhecimentos matemáticos para o ensino.

Quadro 4 – Direcionamentos teórico-metodológicos para professores em formação continuada sobre o ensino do conceito de função

Fonte: os autores (2022)

Os direcionamentos teóricos e metodológicos destacados no Quadro 4 refletem os contextos formativos, no que tange ao estudo do conceito de função, em três ações a serem praticadas pelos professores: dominar os recursos didático-pedagógicos com base em variáveis

didáticas para o ensino das diferentes representações do conceito; coordenar o processo de transição entre conhecimentos aritméticos e algébricos, mediante o desenvolvimento do pensamento funcional, a análise e a convergência de currículos e investigação de padrões e das diferentes representações do conceito; e, por fim, gerenciar o processo de formação continuada de professores e as estratégias de avaliação dos estudantes, o que engloba o uso pelos estudantes de tarefas matemáticas como instrumento diagnóstico e de reflexões colaborativas em conjunto de TAP para organização da formação continuada. Com isso, esta revisão sistemática gera implicações, vinculadas à composição dos direcionamentos teóricos e metodológicos, para a realização de futuros estudos empíricos envolvendo a formação continuada com professores e o conceito de função.

Desta forma, trata-se de uma agenda de pesquisa que demanda o envolvimento de professores que ensinam Matemática em cursos de licenciatura e em escolas de Educação Básica no planejamento, na execução e na reflexão sobre projetos (interdisciplinares). A referida agenda considera o debate dos direcionamentos teóricos e metodológicos de pesquisa, sintetizados sobre o ensino do conceito de função na formação continuada.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ASGHARY, N.; SHAHVARANI, A.; MEDGHALCHI, A. R. Significant process of change for elementary teachers to foster functional thinking. **Bolema**, Rio Claro, v. 27, n. 47, p. 1007-1026, dez. 2013.
- BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content knowledge for teaching: What makes it special? **Journal of Teacher Education**, East Lansing, v. 59, [s.n.], p. 389-407, 2008.
- BAYAZIT, I. The influence of teaching on student learning: The notion of piecewise function. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, Modestum, v. 5, n.3, p. 146-164, 2010.
- BRUNSTROM, M.; FAHLGREN, M. Designing prediction tasks in a mathematics software environment. **The International Journal for Technology in Mathematics Education**, Plymouth, v. 22, n.1, Jan. 2015.
- BUSCH, J.; BARZEL, B.; LEUDERS, T. Promoting secondary teachers' diagnostic competence with respect to functions: development of a scalable unit in Continuous Professional Development. **ZDM Mathematics Education**, Berlin, v. 47, n. 1, p. 53-64, 2014.

- DRIJVERS, P. *et al.* The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht, v. 75, [s.n.], p. 213-234, 2010.
- DUBINSKY, E. Reflective abstraction. *In: TALL, D. O. (ed.), Advanced Mathematical Thinking*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p.95-123.
- FIORENTINI, D.; CRECCI, V. M. Metassíntese de pesquisas sobre conhecimentos/saberes na formação continuada de professores que ensinam matemática. *Zetetiké*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 164-185, 2017.
- GIERDIEN, M. F. On the use of spreadsheet algebra programs in the professional development of teachers from Selected Township High Schools, *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, South Africa, v. 18, n. 1, p. 87-99, 2014.
- GONÇALVES, A. C. **Aspectos da história do conceito de funções e suas representações por diagramas, linguagem algébrica e gráficos cartesianos**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.
- HATISARU, V.; ERBAS, A. K. Mathematical knowledge for teaching the function concept and student learning outcomes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Taiwan, v.15, [s.n.], p. 703-722, 2017.
- JANKVIST, U. T.; NISS, M. A. A framework for designing a research-based “mathematics counsellor” teacher programme. *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht, v. 90, n. 3, p. 259-284, 2015.
- KNOPF, J. W. Doing a literature review. *PS: Political Science and Politics*, Washington, v. 39, n. 1, p. 127-132, 2006.
- KOP, P. M. G. M. *et al.* Identifying a framework for graphing formulas from expert strategies. *The Journal of Mathematical Behavior*, New York, v. 39, [s.n.], p. 121-134, set. 2015.
- MOHER, D. *et al.* The PRISMA Group. **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement**. *PLoS Med*, v. 6, n. 6, 2009.
- PACKER, A. Os periódicos brasileiros e a comunicação da pesquisa nacional. *Revista USP*, São Paulo, [s.v.], n. 89, p. 26-61, 2011.
- PAZUCH, V.; RIBEIRO, A. J. Conhecimento profissional de professores de matemática e o conceito de função: uma revisão de literatura. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 465-496, abr.2017.
- PONTE, J. P.; BRANCO, N.; MATOS, A. **Álgebra no Ensino Básico**. Lisboa: MEC/Direção geral de inovação e desenvolvimento curricular, 2009
- RECKASE, M. D. *et al.* A Multidimensional assessment of teachers’ knowledge of algebra for teaching: developing an instrument and supporting valid inferences. *Educational Assessment*, London, v. 20, n. 4, p. 249-267, 2015.
- RIBEIRO, A. J.; CURY, H. N. **Álgebra para a formação do professor: explorando os conceitos de equação e de função**. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.
- RIBEIRO, A. J.; PONTE, J. P. Professional learning opportunities in a practice-based teacher

education programme about the concept of function. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 21, n. 2, p. 49-74, mar./abr. 2019.

RODRIGUES, R. S.; QUARTIERO, E.; NEUBERT, P. Periódicos científicos brasileiros indexados na Web of Science e Scopus: estrutura editorial e elementos básicos. **Informação e Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 25, n. 2, p. 117-138, maio/ ago. 2015.

RODRÍGUEZ-FLORES, A. *et al.* Conocimiento común del contenido que manifiesta un profesor al enseñar los conceptos básicos de funciones: un estudio de caso. **Uniciencia**, Heredia, v. 30, n. 1, p. 1-16, jan. / jun. 2016.

RUFFER-HENN, B.; WEGNER, B. MathEduc – the reference database for teaching and learning mathematics. **Eur. Math. Soc. Newsl**, Berlim, v. 1, n. 77, p. 55-56, 2010.

SANTOS, G. L. D. **Um modelo teórico de Matemática para o ensino do conceito de função**. 2017. 165 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia, História e Ciências) – Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2017.

SHARPE, S. T.; SCHLIEMANN, A. D. Teacher development and seventh graders' achievement on representing and solving equations. **The Mathematics Enthusiast**, Montana, v. 14, n. 1, p. 469-507, 2017.

STEELE, M. D.; HILLEN, A. F.; SMITH, M. S. Developing mathematical knowledge for teaching in a methods course: the case of function. **Journal of Mathematics Teacher Education**, Dordrecht, v. 16, [s.n.], p. 451-482, 2013.

TABACH, M.; NACHLIELI, T. Classroom engagement towards using definitions for developing mathematical objects: the case of function. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 90, [s.n.], p. 163-187, 2015.

TROUCHE, L. Managing complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, Netherlands, v. 9, [s.n.], p. 281-307, 2004.

USISKIN, Z. Concepções sobre a álgebra da escola média e utilizações de variáveis. In: COXFORD, A. F.; SHULTE, A. P (orgs.). **As ideias da Álgebra**. Tradução de Hygino H. Domingues. São Paulo: Atual, 1994.

VICENTE, M. *et al.* Análise quantitativa da produção científica sobre o ambiente virtual de aprendizagem para o ensino da Matemática no Brasil. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 20, p. 01-09, maio 2017.

WATSON, A.; HAREL, G. The role of teachers' knowledge of functions in their teaching: A Conceptual Approach with illustrations from two cases. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, Ontario, v. 13, n. 2, p. 154-168, 2013.

WEBER, E.; TALLMAN, M. A.; MIDDLETON, J. A. Developing elementary teachers' knowledge about functions and rate of change through modeling. **Mathematical Thinking and Learning**, London, v. 17, n. 1, p. 1-33, 2015.

**Submetido em 05 de Setembro de 2022.
Aprovado em 12 de Setembro de 2023.**