

**CONCEITO DE FUNÇÃO E FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

CONCEPT OF FUNCTION AND INITIAL TEACHER EDUCATION: A SYSTEMATIC
LITERATURE REVIEW

CONCEPTO DE FUNCIÓN Y FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES: UNA
REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Caroline Miranda Pereira Lima¹ 0000-0002-8235-4050
Vinícius Pazuch² 0000-0001-6997-1110

¹ Universidade Federal do ABC – Santo André, São Paulo, Brasil; caroll_mpl@hotmail.com

² Universidade Federal do ABC – Santo André, São Paulo, Brasil;
vinicius.pazuch@ufabc.edu.br

RESUMO:

Este artigo é uma revisão sistemática de literatura com o objetivo de identificar aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação inicial. Seguindo os princípios do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), 14 artigos foram incluídos como *corpus* desta revisão sistemática de literatura com base nas suas abordagens teóricas e metodológicas de pesquisa. Para fins comparativos, foram realizadas uma análise vertical e uma análise horizontal que apontam para a transição entre as múltiplas representações do conceito de função e as abordagens e recursos utilizados pelos futuros professores com maior predominância nas pesquisas. As considerações finais revelam como o conceito de função é caracterizado pelos professores na formação inicial, de modo que há dificuldades na construção de seu conhecimento conceitual, além de uma lacuna na existência de pesquisas com essa temática em território nacional.

Palavras-chave: formação inicial de professores; conceito de função; análise vertical; análise horizontal.

ABSTRACT:

This article is a systematic literature review aimed at identifying theoretical and methodological aspects of research on the concept of function in initial training education. Following the principles of the *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA), fourteen articles were included as corpus of this systematic literature review based on the theoretical and methodological approaches of research present in the articles. For comparative purposes, a vertical analysis and a horizontal analysis were performed that point to the transition between the multiple representations of the concept of function and the approaches and resources used by future teachers with greater predominance in research. In this regard, the final considerations reveal how the concept of function is characterized by teachers in initial training education, so that there are weaknesses in the construction of their conceptual knowledge, in addition to a gap in the existence of research on this subject in the national territory.

Keywords: teacher initial education; concept of function; vertical analysis; horizontal analysis.



RESUMEN:

Este artículo se trata de una revisión sistemática de la literatura con el objetivo identificar aspectos teóricos y metodológicos de investigaciones sobre el concepto de función en la formación inicial. Siguiendo los principios del Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), 14 artículos fueron incluidos como corpus de esta revisión sistemática de la literatura con base en los abordajes teóricos y metodológicos de investigación presentes en los artículos. Para fines comparativos, se realizó un análisis vertical y un análisis horizontal que apuntan a la transición entre las múltiples representaciones del concepto de función y los enfoques y recursos utilizados por los futuros profesores con mayor predominio en las investigaciones. En este aspecto, las consideraciones finales revelan cómo el concepto de función es caracterizado por los profesores en la formación inicial, de modo que hay dificultades en la construcción de su conocimiento conceptual, además de una laguna en la existencia de investigaciones con esta temática en territorio nacional.

Palabras clave: formación inicial de profesores; concepto de función; análisis verticales; análisis horizontales.

Introdução

A construção do conhecimento conceitual matemático estabelece suas bases a partir de uma rede de ideias conectadas, e o conceito de função em rede com outros conceitos é unificador e central no desenvolvimento da Matemática (Garcia, 2009). Compreender um conceito consiste em conectar as ideias de maneira gradativa e introduzir ou alterar novas informações posteriormente de acordo com a experiência, o que torna o conhecimento dinâmico e não neutro (Johnson; Christensen, 2004). Assim, a compreensão do conhecimento conceitual matemático

[...] consiste em conectar essas ideias e pode ser ampliada se forem introduzidas novas informações, construídas novas relações, estendidos limites conceituais e, conseqüentemente, se as configurações da rede forem reorganizadas. [...] O conhecimento necessário é conhecimento conceitual, profundo, compreensivo, amplo, conectado em uma rede de informações, relações e representações. (Garcia, 2009, p. 45)

Os cursos de formação inicial, considerando a construção dos conceitos matemáticos, detêm a responsabilidade de proporcionar aos futuros professores experiências de ensino que viabilizem a construção dos conceitos fundamentais. A formação inicial desempenha o papel de atuar na percepção e na composição dos saberes docentes, através da reflexividade crítica sobre a prática para a constituição de uma identidade pessoal e não somente por acumulação de cursos, conhecimentos ou técnicas (Gatti; Barreto; André; Almeida, 2019).

No que tange aos diferentes modos de conceber o conceito de função, na visão de Sousa e Moura (2019) ele é reorganizado pela introdução de informações e pelo estabelecimento de relações. Dessa forma, em níveis ascendentes de abstração, a consolidação de conceitos exige

a coordenação dos níveis mais básicos do conhecimento (Watson; Harel, 2013). No caso do domínio docente para o ensino do conceito de função,

[...] espera-se que os professores saibam, no mínimo, traduzir de forma flexível uma equação para uma outra representação de função (gráfica, numérica, tabular, em língua materna...) e vice-versa. Além disso, os docentes precisam perceber o conceito de função para além dos formalismos e dos tratamentos algébricos, pois, para que esse conceito possa ser utilizado como objeto que possibilite a atuação sobre a realidade, seus aspectos formais exigem uma teia de significados (Souza; Pires; Souza, 2019, p. 112)

A compreensão do conceito de função como objeto matemático na formação de professores está associada a um bom desenvolvimento do conhecimento conceitual (Garcia, 2009; Hansson, 2006). Segundo Garcia (2009), o conceito de função consiste em cada face que a função assume, em diferentes conjunturas matemáticas com distintas representações, problemas e procedimentos de resolução, como também se refere à capacidade de estabelecer conexões em sua totalidade no interior do campo da Matemática.

A partir desse contexto, este artigo tem por objetivo *identificar aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre a formação inicial de professores e o conceito de função por meio de uma revisão sistemática de literatura.*

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram organizados a partir dos princípios estabelecidos pelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*, a fim de compor o *corpus* de análise deste artigo. O PRISMA adota uma temática relevante de uma determinada área do conhecimento com o intuito de utilizar, segundo Moher, Liberati, Tetzlaff e Altman (2009, p. 583), “[...] métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, e coletar e analisar dados dos estudos incluídos na revisão”. De acordo com esses autores, as instruções desse modelo são apresentadas de forma clara, e ele é reconhecido e aplicado em diferentes áreas de pesquisa.

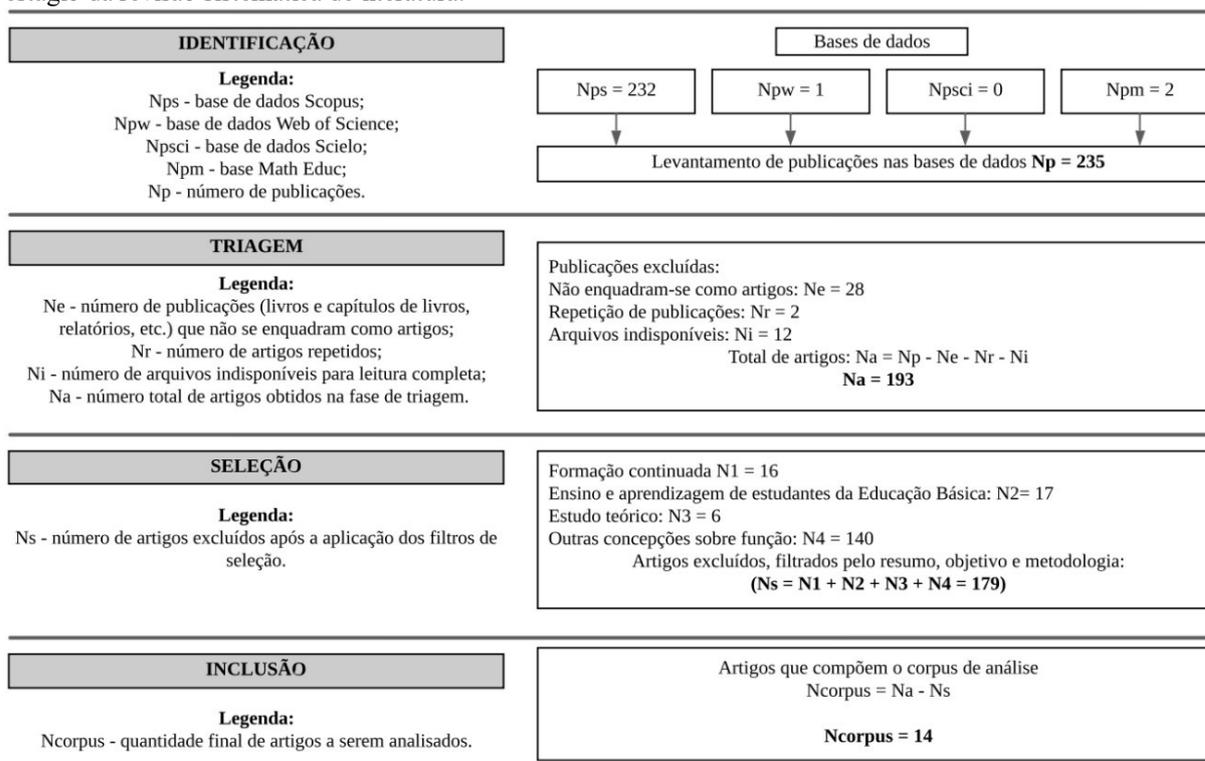
Os artigos revisados são oriundos de quatro bases de dados — *Scielo*, *Math Educ Database*, *Web of Science (WoS)* e *Scopus* —, que apresentam a disponibilização de acessos às bases de indexação de artigos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por meio do seu Portal de Periódicos. As bases de dados escolhidas incluem um número expressivo de pesquisas no Brasil e de outros países. Dessa forma, o processo de busca por artigos foi realizado em português, inglês e espanhol.

Em um primeiro momento, foram considerados todos os tipos de publicações no período

de janeiro de 2009 até o fim do mês de julho de 2019. Para cada base de dados foram utilizadas na busca as expressões “formação de professores” e “conceito de função”, com as respectivas variações para cada idioma. Posteriormente, os artigos que continham o termo “função” e expressavam outras concepções não vinculadas ao campo da Matemática – isto é, cujo significado abrangia o termo como uma obrigação ou papel a ser cumprido – foram excluídos.

Com isso, na Figura 1 são apresentadas as quatro etapas estratégicas elaboradas para escolha do *corpus* deste estudo.

Figura 1 – Diagrama, segundo os critérios do PRISMA, representando a amostragem das publicações em cada estágio da revisão sistemática de literatura.



Fonte: os autores.

De acordo com a proposta do método PRISMA (Moher; Liberati; Tetzlaff; Altman, 2009), as etapas foram divididas, respectivamente, em: (i) *identificação*, o levantamento preliminar das publicações; (ii) *triagem*, a exclusão de repetições e publicações não enquadradas como artigos ou não disponíveis; (iii) *seleção*, a eliminação de artigos que não detinham o conceito de função como principal foco de suas concepções e discussões, filtrados após leitura e análise dos textos; e (iv) *inclusão*, o fechamento do *corpus* de análise. Na etapa de seleção, foram excluídos os artigos sobre formação continuada, ensino e aprendizagem de estudantes e estudos teóricos, pois o escopo deste artigo é o estudo do conceito de função na formação inicial de professores. Após a etapa de inclusão, somam-se ao *corpus* de análise desta

revisão sistemática de literatura um total de 14 artigos.

Por revisão sistemática de literatura entende-se o conjunto de ações de organização, esclarecimento e síntese das produções científicas para a realização de um estudo em torno de um propósito delimitado (Barbosa, 2018). A síntese dos artigos foi dividida em duas análises, denominadas de análise vertical e análise horizontal (Depaepe; Verschaffel; Kelchtermans, 2013), conduzidas em paralelo a uma revisão sistemática de literatura, na qual a unidade de análise é o artigo e os principais aspectos são sintetizados segundo um esquema de classificação.

Mais especificamente, a análise vertical representa uma unidade composta por uma produção interpretativa (síntese interpretativa), presente em Fiorentini e Crecci (2017). A análise horizontal, por sua vez, organiza-se como um comparativo entre as sínteses interpretativas com base em quatro itens: (1) o objetivo de estudo do artigo – foco de investigação; (2) a metodologia aplicada; (3) a caracterização da abordagem do conceito de função presente na investigação; e (4) o país em que o estudo foi conduzido.

Para fins comparativos entre as análises vertical e horizontal, os principais resultados foram reunidos na seção de discussão de resultados e reflexões finais mediante as sínteses interpretativas e os quatro itens pontuados anteriormente. Dessa forma, são apresentados direcionamentos teóricos e metodológicos sobre o conceito de função para a formação inicial de professores de matemática.

Resultados

Os 14 artigos analisados são apresentados no Tabela 1, juntamente com os respectivos nomes dos autores e os países nos quais a pesquisa foi realizada (item 4).

Tabela 1 – *Corpus* de análise da revisão sistemática de literatura.

Título¹	Autor(es)	País
One Model of a Capstone Course for Preservice High School Mathematics Teachers	Winsor (2009)	EUA
Preservice Mathematics Teachers' Experiences about Function and Equation Concepts	Dede e Soybas (2011)	Turquia
Prospective middle grade mathematics teachers' knowledge of algebra for teaching	Huang e Kulm (2012)	EUA
Future mathematics teachers' professional knowledge of elementary mathematics from an advanced standpoint	Buchholtz, Leung, Ding, Kaiser, Park e Schwarz (2013)	Alemanha, China e Coreia do Sul
Prospective Secondary Mathematics Teachers' Understanding and Cognitive Difficulties in Making Connections among Representations	Moon, Brenner, Jacob e Okamoto (2013)	EUA

¹ Os títulos dos 14 artigos analisados foram mantidos no idioma original de publicação.

An Investigation of Pre-service Mathematics Teachers' Skills in the Development of Activities	Özgen e Alkan (2014)	Turquia
Prospective Middle School Mathematics Teachers' Covariational Reasoning for Interpreting Dynamic Events During Peer Interactions	Karpuzcu, Ulusoy e Bostan (2015)	Turquia
Conceptual Learning of Functions in a Technologically Enhanced Environment	Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015)	África do Sul
Prospective middle school mathematics teachers' knowledge of linear graphs in context of problem-posing	Kar (2016)	Turquia
An APOS study on pre-service teachers' understanding of injections and surjections	Bansilal, Brijlallb e Triguerosc (2017)	África do Sul
Improving the judgment of task difficulties: prospective teachers' diagnostic competence in the area of functions and graphs	Ostermann, Leuders e Nückles (2018)	Alemanha
Exploring the explanation of pre-service teacher in mathematics teaching practice	Murtafiah, Sa'dijah, Candra, Susiswo e As'ari (2018)	Indonésia
External representation flexibility of domain and range of function	Aziz e Kurniasih (2019)	Indonésia
Dysfunctional Functions: The Case of Zambian Mathematics Education Students	Malambo, Putten, Botha e Stols (2019)	Zâmbia

Fonte: os autores.

Análise vertical

A análise vertical apresentada a seguir identifica o principal objetivo e os resultados mais relevantes de cada artigo analisado.

O estudo de Winsor (2009) teve como objetivo possibilitar que futuros professores participantes da pesquisa pudessem estabelecer conexões entre a matemática estudada na universidade e a ensinada no Ensino Médio. Após uma avaliação sobre a definição de uma função, foi verificada a existência de concepções errôneas, como: uma função é somente uma equação; uma função é definida como tal se apresentar um gráfico contínuo; toda função pode ser escrita através da representação gráfica (Armas, 2020; Ninow; Kaiber, 2019). A abordagem das concepções equivocadas ocorreu através de reuniões com *brainstormings*², de maneira que os futuros professores apresentavam as similaridades e as diferenças entre suas definições, após terem identificado e discutido as “grandes ideias” associadas ao estudo de funções (Fosnot; Jacob, 2010). Por fim, conclui que o grupo de futuros professores é capaz de articular o conhecimento matemático através do conhecimento pedagógico e da elaboração de um plano a ser ensinado para que o estudante compreenda a variação do conceito de função.

Dede e Soybas (2011) têm como propósito determinar a experiência de professores de matemática na formação inicial em relação aos conceitos de função e equação e a relação entre

² A expressão inglesa *brainstorming* é formada pela união das palavras *brain* (cérebro ou intelecto) e *storm* (tempestade) e representa uma dinâmica de grupo para desenvolver novas ideias ou projetos, juntar informações e estimular discussões (BRAINSTORM, [21--]).

eles. Os autores organizaram os resultados em seis categorias — i) confusão na definição de função como uma relação de um para um, ii) contextos reais equivocados para relacionar com funções, iii) desconsideração das condições para existência de uma função, iv) relação errônea entre as raízes da equação e os valores que tornam a função zero v) falha na transição ou em considerar as múltiplas representações de função e vi) falha em considerar as definições de função e equação na resolução do questionário —, que os permitiram concluir que o impedimento, por parte dos futuros professores, em transitar por duas ou mais representações de funções, sejam elas geométricas, numéricas ou simbólicas, pode estar atrelado ao entendimento conceitual de uma função (Armas, 2020; Ninow; Kaiber, 2019). Ademais, a relação entre funções e equações não é identificada, visto que os conceitos são apresentados separadamente, como dois conceitos independentes no currículo, indicando o uso de tecnologias para ampliar as ferramentas de aprendizagem e o intercâmbio de conceitos.

O estudo de Huang e Kulm (2012) examina o conhecimento de Álgebra de futuros professores de matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental com foco no conhecimento para o ensino do conceito de função. Os pesquisadores concentraram-se em dois aspectos desse conceito: i) a seleção das perspectivas dos participantes sobre função e ii) o uso adequado de suas representações. A análise sucedeu a partir da categorização da natureza de erros cometidos, que incluem a transformação inadequada de funções e equações; uso inadequado de representações gráficas; raciocínio lógico em álgebra inadequado; inflexibilidade na seleção de perspectivas de funções apropriadas e a tradução entre diferentes representações. Dessa forma, os professores em formação inicial não esboçaram compreender o conhecimento do conteúdo de álgebra (conexões e múltiplas representações), nem apresentaram uma fluência instrumental do uso dos conhecimentos dessa matéria (manipulação algébrica) ou uma noção moderna de função como relação correspondente univalente entre dois conjuntos (Armas, 2020).

Buchholtz, Leung, Ding, Kaiser, Park e Schwarz (2013) desenvolveram um projeto conjunto de pesquisa entre universidades da China, da Coreia do Sul e da Alemanha em um estudo comparativo que examina o conhecimento profissional de futuros professores em matemática elementar sob um ponto de vista avançado. O grupo de pesquisadores desenvolveu problemas matemáticos de vários tópicos, de modo que os resultados mostram que dificilmente os futuros profissionais são capazes de relacionar o conhecimento universitário ao escolar. Houve diferenças sistemáticas entre participantes de diferentes países e a diversidade linguística entre as respostas foi um empecilho para a elaboração de classificações de análise homogêneas. Em referência ao conceito de função, os autores verificaram o destaque de várias concepções

errôneas (frequentemente influenciadas pela matemática escolar), como ocorre quando apresentam uma função sendo propriamente definida apenas se seu domínio é composto por números reais. Nesse aspecto, os autores concluíram que o conceito de função é raramente utilizado pelos futuros professores para validar a existência de uma função e, ao invés disso, eles fazem uso de “protótipos funcionais”, considerados como exemplos de funções, para comparar com outras expressões e determinar se a expressão em questão é ou não uma função.

Moon, Brenner, Jacob e Okamoto (2013) investigam as dificuldades cognitivas e as ideias matemáticas de futuros professores do Ensino Médio ao envolverem a relação entre várias representações de um mesmo conceito matemático. Os autores organizaram as conexões em “grandes ideias” – ideias fundamentais para a matemática, segundo Fosnot e Jacob (2010) – e, no caso do conceito de função, pontuam que a compreensão da álgebra está associada à grande ideia de variação e que, sem este entendimento, não se podem compreender expressões matemáticas como objetos, o próprio conceito de função, ou resolver satisfatoriamente problemas de álgebra (Fosnot; Jacob, 2010; Moon; Brenner; Jacob; Okamoto, 2013). Assim, os pesquisadores sugerem focar na relação entre correspondência e covariação, para o desenvolvimento da perspectiva covariacional da função como uma relação entre duas variáveis, e na iteração da função como conexão cartesiana para representação gráfica.

Özgen e Alkan (2014) têm como propósito de pesquisa determinar habilidades – resolução de problemas, modelagem, uso de diferentes representações, interpretação, estimativa e uso de diferentes tecnologias – com professores na formação inicial no desenvolvimento de atividades matemáticas. Os pesquisadores categorizaram os resultados das análises das atividades produzidas pelos futuros professores como “benefícios”, que representam a maneira como são abordados os conceitos de: i) domínio, contradomínio, imagem; ii) distinção entre tipos de funções; iii) crescimento, decrescimento e constância nos gráficos de funções; e iv) função inversa e seu respectivo gráfico – esse item recorre a habilidades de interpretação e generalização. No que tange à distinção entre funções unitárias e duplas, o “benefício” evidenciou dificuldades dos futuros professores que, segundo os autores, essa dificuldade pode ser decorrente de não conhecerem o conteúdo matemático ou da abordagem pedagógica incorreta, única abordagem em que os docentes sugeriram o uso de tecnologias.

Karpuzcu, Ulusoy e Bostan (2015) investigam as habilidades de raciocínio covariacional de futuros professores dos Anos Finais do Ensino Fundamental por meio da aplicação de uma tarefa sobre dinâmica funcional de eventos que envolve duas mudanças quantitativas simultâneas. Os resultados revelaram que o trabalho em pares por parte dos futuros

profissionais beneficiou o processo, o que permitiu o desenvolvimento de uma consciência individual e o entendimento sobre pares de quantidades covariáveis, além de oportunizar uma conexão entre os conceitos de variáveis, taxa de mudança e inclinação. Em consequência, o processo de interação entre pares auxilia nas reflexões mais profundas que se somam ao conhecimento dos futuros professores sobre covariação através de suas mudanças de pensamentos e comportamentos, visto que, no início do estudo, o pensamento dos professores era que o conceito covariação funcionava mais como correspondência do que como covariação.

O estudo de Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015) examina a influência de um ambiente tecnológico na compreensão conceitual de funções matemáticas pelos futuros professores da disciplina, a partir do *Geometer's Sketchpad* (GSP)³ e da estrutura do modelo híbrido de O'Callaghan (1998), que consiste nas competências de modelagem, interpretação, tradução e reificação⁴ de uma função. Os resultados mostram que o ambiente tecnológico proposto para esse estudo não melhorou a conceitualização no que diz respeito ao conceito de função em geral e os participantes da pesquisa apresentaram dificuldades para enxergar a relação entre diferentes formas de representação do conceito de função, o que explica o fato de não expressarem melhorias nas competências de modelagem, interpretação e tradução. A instrução tecnológica, segundo Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015), deve ser combinada com a resolução de problemas e assim permitir que os participantes decidam qual estratégia mental (método papel e caneta ou uso de tecnologias) produz resultados no desenvolvimento das competências de modelagem, interpretação e tradução (Ball; Stacey, 2005).

O estudo de Kar (2016) utilizou os episódios de aula de futuros professores de matemática dos Anos Finais do Ensino Fundamental, as tarefas realizadas por estudantes desse mesmo nível e o Teste de Resolução de Problemas (TRP), que envolveram a contextualização do conceito de função. Neste contexto, os futuros docentes expressaram dificuldades em selecionar histórias apropriadas à estrutura linear dos gráficos para comunicar as informações disponíveis, e foram identificados cinco tipos de erros (E1 – E5) nas suas respostas ao TRP, que indicam: E1 – falha na inclusão de linearidade; E2 – falha em indicar o ponto de partida do problema; E3 – história incompatível; E4 – falha em incluir o cerne (foco) da pergunta; E5 –

³ Programa de geometria dinâmica para explorar conceitos de geometria euclidiana, álgebra, cálculo e outras áreas da matemática. Disponível em: <http://www.edugains.ca/newsite/math/geometerskechpad.html>. Acesso em: 10 de mar. 2022.

⁴ Definida como a criação de um objeto mental a partir de algo que antes era percebido como um processo/procedimento (Roux; Nieuwoud; Nieuwoud, 2015).

erro lógico. Apesar da maioria das respostas serem categorizadas como falhas, isso indica que os futuros professores esboçam tentativas de associar gráficos a situações cotidianas. A tradução de representações matemáticas em declarações verbais requer sólidas habilidades linguísticas, por essa razão a insuficiência nesse aspecto pode expressar o baixo nível de proficiência dos professores para elaboração de problemas contextualizados a partir do gráfico de uma função linear.

Bansilal, Brijlallb e Triguerosc (2017) exploram o entendimento sobre funções injetoras e sobrejetoras de futuros professores de matemática. Considerando a estrutura APOS⁵ (ação – processo – objeto – esquema), verificaram que na construção do conceito de função é preciso compreender um conjunto de pré-requisitos conceituais para compreender as bijeções. Entre os pré-requisitos pode-se citar o conceito de injeção e sobrejeção de funções, como também a própria linguagem matemática utilizada nas definições. Desse modo, a compreensão de um conceito matemático deve ocorrer como uma decomposição genética de noções (de injeção, sobrejeção e bijeção de funções) para construção gradativa do conceito de função.

O foco do estudo de Ostermann, Leuders e Nückles (2018) está presente na capacidade dos participantes da pesquisa em estimar (corretamente) a dificuldade de estudantes na resolução de tarefas sobre funções e gráficos. Com isso, investigam se o julgamento diagnóstico – acurácia sobre a dificuldade em realizar tarefas na área de pensamento funcional – de futuros professores de matemática pode ser melhorado a partir de um treinamento adequado. Segundo Mesa, Molfino e Ochoviet (2020), as intervenções realizadas por formadores de professores pode abranger fases de compreensão, transformação e reflexão do modelo de ação e raciocínio pedagógico e, sendo esta consciência docente avaliada por meio de testes de precisão dos julgamentos dos docentes sobre as dificuldades de uma tarefa, futuramente, a tomada de decisão do futuro professor pode ser influenciada por essas fases. A partir dos três grupos de análise estabelecidos pelos pesquisadores — um grupo recebe suporte de materiais empíricos sobre conhecimento pedagógico do conteúdo; o segundo grupo recebe uma “sensibilização” (instrução) de um especialista; e o último grupo não recebe qualquer tipo de intervenção entre os períodos de análise, e é considerado o de controle — observou-se que ocorreu uma superestimação nas taxas de solução das tarefas apresentadas, o que resultou em um desempenho bastante fraco na estimativa da ordem de classificação da dificuldade das tarefas.

⁵ Essa teoria estipula que uma concepção de Objeto ocorre quando “[...] alguém se torna ciente do Processo em sua totalidade, percebe que a transformação pode atuar na totalidade e pode realmente construir tais transformações [...] então dizemos que o indivíduo encapsulou o Processo em um objeto cognitivo [...]” (Arnon; Cottrill; Ed; Oktac; Roa; Trigueros; Weller, 2014, p. 21, tradução nossa).

Murtafiah, Sa'dijah, Candra, Susiswo e As'ari (2018) descrevem os tipos de explicações feitas por futuros professores de matemática a fim de verificar se apresentam boas habilidades de comunicação que possibilitem a compreensão dos conceitos matemáticos pelo estudante (Lachner; Nückles, 2016). Os pesquisadores constataram que 51,7% dos participantes da pesquisa utilizavam mais frequentemente explicações descritivas; 36,2%, explicações que transmitem razão; e 12,1%, explicações interpretativas. Por um lado, os futuros docentes apenas explicam como ler uma tabela e não como valores estão associados ao conceito de função, com foco apenas na resposta final do problema, sem considerar se o conceito foi aplicado corretamente. Por outro, no processo de ensino de um conceito, professores precisam guiar seus estudantes para que encontrem a definição do conceito a partir dos exemplos apresentados (Mohr-Schroeder; Ronau; Peters; Lee; Bush, 2017).

O estudo de Aziz e Kurniasih (2019) visou analisar futuros professores de matemática do Ensino Médio em relação à flexibilidade para utilizarem representações externas do domínio e tipos de funções. Para atingir esse objetivo, elaboraram uma tarefa, na qual os futuros profissionais precisavam: 1) explicar a definição de domínio e os tipos de funções (com suas próprias palavras); 2) analisar e responder as declarações referentes ao conceito de domínio e aos tipos de funções; e 3) traduzir a informação de uma notação de um dado tipo de função, e vice-versa. As categorias de análise estabelecidas pelos autores enquadram a compreensão e os conhecimentos sobre os conceitos mobilizados pelos futuros professores, o desempenho na realização de manipulações algébricas e na utilização de várias representações, transitando entre elas. No entanto, vale ressaltar que o instrumento de coleta de dados e as respectivas resoluções dos participantes não são apresentados no artigo elaborado pelos pesquisadores, o que expressa uma limitação para fins comprobatórios do desempenho dos futuros docentes.

Malambo, Putten, Botha e Stols (2019) investigam as habilidades de reconhecimento e explicação de futuros professores de matemática sobre sua compreensão a respeito do conteúdo de funções abordado nas escolas. A coleta de dados ocorreu a partir da aplicação de um teste alinhado à grade curricular do Ensino Médio de Zâmbia, e algumas questões foram retiradas dos livros-texto utilizados nas escolas públicas. No que tange à definição de função, os pesquisadores verificaram que existe uma confusão entre a condição de correspondência um para um e a condição de univalência (Sherman; Meagher; Lovett; Mcculloch, 2019), e a propriedade de arbitrariedade é negligenciada entre os futuros professores participantes. Assim, os futuros profissionais demonstram uma compreensão instrumental (de manipulações algébricas) e não relacional dos conceitos de funções abordados no Ensino Médio. As

dificuldades de trabalhar com distintas representações de funções, de explicar coerentemente os conceitos de modo a estimular o raciocínio e as justificativas para o desenvolvimento procedimental das questões representam uma lacuna na organização pedagógica dos currículos da universidade de Zâmbia.

Análise horizontal

A seguir, são apresentadas características identificadas por meio da análise horizontal dos artigos incluídos no *corpus* desta revisão sistemática de literatura.

Foco da investigação

No Quadro 1 são apresentadas quatro categorias com base nos objetivos ou questões de pesquisa dos artigos, identificadas como: A) análise, por parte dos futuros professores, da experiência com o conceito de função e respectivas relações com outros conceitos do currículo matemático; B) análise de erros e lacunas no conhecimento dos professores sobre o conceito de função; C) compreensão dos futuros profissionais sobre o contraste entre as características-chave do conceito de função a ser ensinado na escola e os conhecimentos mobilizados no Ensino Superior sobre esse conceito; e D) direcionamentos e recursos didático-pedagógicos que contribuam para a construção do conhecimento conceitual do conceito de função de futuros professores.

Quadro 1 – Categorias de objetivos ou questões de pesquisa.

ARTIGOS	CATEGORIAS DE OBJETIVOS OU QUESTÕES DE PESQUISA			
	A	B	C	D
Winsor (2009)			x	
Dede e Soybas (2011)	x			
Huang e Kulm (2012)		x		
Buchholtz, Leung, Ding, Kaiser, Park e Schwarz (2013)			x	
Moon, Brenner, Jacob e Okamoto (2013)		x		
Özgen e Alkan (2014)				x
Karpuzcu, Ulusoy e Bostan (2015)	x			
Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015)				x
Kar (2016)				x
Bansilal, Brijlallb e Triguerosc (2017)	x			
Ostermann, Leuders e Nückles (2018)				x

Murtafiah, Sa'dijah, Candra, Susiswo e As'ari (2018)				x
Aziz e Kurniasih (2019)	x			
Malambo, Putten, Botha e Stols (2019)			x	

Fonte: os autores.

As categorias A e B, que contemplam 6 dos 14 artigos, fazem uma análise do conhecimento específico e do currículo dos futuros professores de matemática, considerando suas experiências com o curso de formação inicial, de modo a ressaltar as lacunas e as concepções errôneas, a fim de aprimorar as práticas pedagógicas do professor formador. Os 3 artigos da categoria C, por outro lado, tratam da transposição didática do conceito de função a ser realizada e compreendida pelos futuros professores de matemática, de maneira que o futuro profissional é orientado a transformar um conhecimento científico, o conceito de função, em um objeto de ensino (Civiero; Sant'ana, 2013). Por fim, a categoria D, que enquadra 5 artigos, refere-se às competências diagnósticas, à elaboração de tarefas, à utilização de um ambiente tecnológico ou outros recursos didáticos para construção do conhecimento conceitual, ao raciocínio e à explicação de futuros professores de matemática para o ensino do conceito de função.

Metodologia aplicada na investigação da pesquisa

Todos os artigos que compõem o *corpus* de análise apresentam uma determinada abordagem qualitativa ao considerarem que os conhecimentos mobilizados pelos futuros professores são dinâmicos e podem sofrer alterações, dependendo das experiências individuais e coletivas dos participantes das pesquisas. A metodologia qualitativa é caracterizada por permitir a descrição de fenômenos e eventos em uma tentativa de entendê-los e explicá-los, de modo que é aplicada para explorar um determinado ponto de vista, ou seja, um conhecimento não neutro para a explicação do comportamento humano (Denker; Galvan; Buzzi Rausch, 2020). Nesse aspecto, o Quadro 2 ilustra os sistemas de coleta de dados utilizados nos artigos.

Quadro 2 – Instrumentos e estratégias de coleta de dados.

ARTIGOS	INSTRUMENTOS E ESTRATÉGIAS DE COLETA DE DADOS								
	Observação da prática	Video (gravação)	Entrevista	Questionário	Tarefas	Relatório	Discussão em grupo	Programa / Curso de formação extracurricular	Disciplina(s) do curso de formação
Winsor (2009)				x		x	x	x	

Dede e Soybas (2011)			x	x					
Huang e Kulm (2012)		x		x				x	
Buchholtz, Leung, Ding, Kaiser, Park e Schwarz (2013)				x					
Moon, Brenner, Jacob e Okamoto (2013)	x	x			x	x		x	
Özgen e Alkan (2014)					x		x	x	
Karpuzcu, Ulusoy e Bostan (2015)			x	x					x
Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015)			x	x					
Kar (2016)	x*		x	x					
Bansilal, Brijlallb e Triguerosc (2017)			x	x					x
Ostermann, Leuders e Nückles (2018)				x					x
Murtafiah, Sa'dijah, Candra, Susiswo e As'ari (2018)	x	x	x						
Aziz e Kurniasih (2019)				x					x
Malambo, Putten, Botha e Stols (2019)				x					

Fonte: os autores.

Entre os instrumentos e estratégias de coleta de dados, destaca-se que a observação da prática expressa com “*” significa que os futuros professores analisaram a prática e a dinâmica em sala de aula com os estudantes da Educação Básica, enquanto as expressas sem “*” (apenas o X) representam a observação da prática dos futuros docentes por parte dos pesquisadores/autores dos artigos do *corpus* de análise. Além disso, entre os sistemas de coleta de dados mais utilizados nos 14 artigos, a aplicação de questionários seguida de entrevistas predomina como metodologia de pesquisa de natureza empírica para investigação em estudos cujos participantes estão na formação inicial.

Caracterização do conceito de função presente na investigação

O arranjo com o qual o conceito de função foi explorado e desenvolvido pelos futuros professores de matemática está destacado no Quadro 3. Esse arranjo foi dividido em sete eixos conceituais distintos, para os quais foram considerados os aspectos teórico-metodológicos de como o conceito de função foi abordado em cada artigo pelos futuros professores. Esses eixos são: o eixo de *transição*, com o uso de conexões e múltiplas representações; o eixo de *conexão geométrica*, com o uso de representações geométricas para expressar relações algébricas e aritméticas; o eixo de *argumentação*, que abrange as habilidades de explicação e justificação de raciocínio que podem ser utilizadas na resolução de problemas que envolvem o conceito de

função e suas diferentes representações; o eixo de *unificação*, no qual o conceito de função é base para compreensão de outros conteúdos matemáticos (como por exemplo: equação, inequação, limite, integração, derivação etc.); o eixo de *centralização*, que investiga conceitos vinculados ao conceito de função, como domínio, contradomínio e imagem, tipos de funções, covariação, injeção e sobrejeção etc.; o eixo de *divergência*, que trata do uso de erros e equívocos de estudantes da Educação Básica sobre gráficos e funções; e o eixo de *formalização*, com uso da definição e propriedades do conceito de função.

Quadro 3 – Eixos conceituais de abordagem do conceito de função.

ARTIGOS	EIXOS CONCEITUAIS DE ABORDAGEM DO CONCEITO DE FUNÇÃO						
	Transição	Conexão geométrica	Argumentação	Unificação	Centralização	Divergência	Formalização
Winsor (2009)	x				x		x
Dede e Soybas (2011)	x			x	x		x
Huang e Kulm (2012)	x	x		x			
Buchholtz, Leung, Ding, Kaiser, Park e Schwarz (2013)			x				
Moon, Brenner, Jacob e Okamoto (2013)	x	x		x			
Özgen e Alkan (2014)			x		x		
Karpuzcu, Ulusoy e Bostan (2015)	x				x		
Roux, Nieuwoudt e Nieuwoudt (2015)	x	x	x				
Kar (2016)			x		x		
Bansilal, Brijlallb e Triguerosc (2017)					x		
Ostermann, Leuders e Nückles (2018)			x			x	
Murtafiah, Sa'dijah, Candra, Susiswo e As'ari (2018)			x	x	x		
Aziz e Kurniasih (2019)	x				x		
Malambo, Putten, Botha e Stols (2019)	x		x				

Fonte: os autores.

Ao analisar o Quadro 3, é interessante salientar que os eixos de transição e centralização foram aplicados na maioria dos artigos, e estão presentes em 8 dos 14 estudos analisados, enquanto o eixo de argumentação está presente em 7 trabalhos. Ao caracterizar a abordagem do conceito de função em eixos conceituais mais aparentes nos artigos, pode-se observar que há maiores evidências do estudo das distintas representações do conceito em conjunto com outros conceitos matemáticos que são inerentes ao conceito de função. Ademais, fica explícito que

para as pesquisas que envolvem o conceito de função na formação inicial de professores de matemática, os pesquisadores demonstram que as habilidades utilizadas pelos futuros docentes na resolução de problemas, que requerem fluência na transição entre o uso das distintas representações do conceito de função, podem representar lacunas ou intervenções com potencial positivo nos cursos de formação inicial desses profissionais.

País em que o estudo foi conduzido

No que tange à identificação do local em que os artigos de estudo foram publicados, ressalta-se que não foram encontrados estudos no continente da Oceania, um terço das pesquisas foi conduzido na Turquia e três trabalhos ocorreram no continente asiático – um deles em parceria com uma universidade alemã, país que também teve um estudo desenvolvido em seu território.

Com isso, pode-se inferir que 60% dos artigos analisados são dos continentes da Ásia e da Europa, 20% foram conduzidos em países do continente africano e os outros 20% são estudos realizados nos Estados Unidos (EUA), único país do continente americano a apresentar trabalhos. Nesse aspecto, para destacar a relevância desta revisão sistemática de literatura, ressalta-se que o fato de não serem encontradas pesquisas sobre o conceito de função na formação inicial de professores de matemática em território latino-americano e principalmente em território nacional demonstra uma demanda por trabalhos a serem realizados nessa área.

Conclusão

Discussão dos resultados e reflexões finais

Neste artigo foi proposta uma revisão sistemática de literatura com a finalidade de *identificar aspectos teóricos e metodológicos de pesquisas sobre o conceito de função na formação inicial de professores*. Assim, por meio da análise vertical e da análise horizontal dos estudos incluídos nesta revisão, as publicações revelaram aspectos homogêneos no que tange aos objetivos e às questões de pesquisa, à natureza empírica, aos sistemas de coleta de dados e, principalmente, à caracterização do conceito de função presente na investigação em eixos conceituais.

Considerando a *distribuição dos objetivos e as questões de pesquisa* em quatro categorias distintas (Quadro 1), observa-se que há maior predominância de estudos sobre o conceito de função na formação inicial com foco *na prática pedagógica do futuro professor de*

matemática e sobre os respectivos *recursos didático-pedagógicos* por eles utilizados na construção do conhecimento conceitual (Categoria D) (Kar, 2016; Murtafiah; Sa'dijah; Candra; Susiswo; As'ari, 2018; Ostermann; Leuders; Nückles, 2018; Özgen; Alkan, 2014; Roux; Nieuwoudt; Nieuwoudt, 2015), do que com foco na *análise da experiência com o conceito de função*, seja estabelecendo relações com outros conceitos ou conexões entre as distintas representações (Categoria A) (Aziz; Kurniasih, 2019; Bansilal; Brijlallb; Triguerosc, 2017; Dede; Soybas, 2011; Karpuzcu; Ulusoy; Bostan, 2015).

Ademais, as outras duas categorias, com um número reduzido de pesquisas associadas no Quadro 1, relacionam-se com o *conhecimento do currículo* por parte dos futuros professores, visto que estabelecem a capacidade de transitar entre as definições de conceitos matemáticos e também a facilidade de *transição entre linguagens* (geométrica, numérica ou algébrica) para *duas ou mais representações de funções*. O impedimento para que haja uma fluência entre essas transições pode estar associado a alguma *lacuna curricular ou equívoco conceitual* (Categoria B) (Huang; Kulm, 2012; Moon; Brenner; Jacob; Okamoto, 2013), ou à *dupla descontinuidade*, de modo que o conceito a ser ensinado na escola não dialoga com o conceito estudado no Ensino Superior (Categoria C) (Buchholtz; Leung; Ding; Kaiser; Park; Schwarz, 2013; Malambo; Putten; Botha; Stols, 2019; Winsor, 2009). Dessa forma, é preciso proporcionar uma intersecção entre os conteúdos da matemática escolar e a matemática universitária, sobre a qual futuros professores possam refletir e assim identificar seus próprios equívocos para melhor entender e explicar o conceito de função.

As estratégias pedagógicas conduzidas pelo futuro professor, concomitantemente à linguagem utilizada por ele para argumentar e realizar explicações, inferem diretamente na maneira com que o estudante compreende um conceito matemático (Kar, 2016; Murtafiah; Sa'dijah; Candra; Susiswo; As'ari, 2018; Ostermann; Leuders; Nückles, 2018; Özgen; Alkan, 2014). A definição de um conceito como o de função, e o estabelecimento de conexões entre conceitos dependentes e múltiplas representações, pode ocorrer através da decomposição gradativa dos conceitos dependentes. Como exemplo, pode-se citar a tentativa de definir os conceitos de domínio, contradomínio e imagem a partir das representações de diagrama, tabela e formal de uma função e, em consequência, analisar a relação de covariação de uma função, logo, assim se constrói gradativamente o conceito de função (Aziz; Kurniasih, 2019; Bansilal; Brijlallb; Triguerosc, 2017; Karpuzcu; Ulusoy; Bostan, 2015). Além disso, o envolvimento de um contexto de tecnologias pode auxiliar na transição entre representações de uma função e diferenciação entre elas, além de aprimorar a conexão com outros conceitos matemáticos

(Dede; Soybas, 2011; Huang; Kulm, 2012; Özgen; Alkan, 2014; Roux; Nieuwoudt; Nieuwoudt, 2015).

O exemplo citado anteriormente apresenta a desenvoltura de uma estratégia pedagógica que pode ser utilizada por formadores de professores, considerando-se as ementas das disciplinas de Álgebra dos cursos de Licenciatura. A compreensão de um conceito matemático pode ocorrer via construção gradual dos conceitos, na qual futuros professores podem se beneficiar da interatividade e dinâmica em sala de aula para desenvolverem uma consciência individual sobre o entendimento das características do conceito de função.

Nesse aspecto, a revisão sistemática de literatura possibilitou caracterizar a *maneira com que as publicações abordaram o conceito de função* em suas investigações (Quadro 3), e 3 eixos foram enfatizados em no mínimo 7 dos 14 artigos. Ao analisar esses *eixos (de transição, argumentação e centralização)* que mais se manifestaram nas publicações, em paralelo com as investigações dos artigos, é possível verificar a complementaridade entre eles. Em razão disso, os eixos apontam para que *a formação inicial mobilize conhecimentos sobre o conceito de função que se referem ao uso de conexões e múltiplas representações*. Esses conhecimentos são gradativamente construídos mediante o estudo de outros conceitos vinculados a uma trajetória no horizonte do currículo, incorporando as distintas formas de apresentação de uma função e a capacidade dos futuros professores de as interpretar e transitarem seu processo de argumentação, justificação e explicação entre as representações para resolverem problemas ou analisarem fenômenos do cotidiano (Karpuzcu; Ulusoy; Bostan, 2015; Malambo; Putten; Botha; Stols, 2019; Murtafiah; Sa'dijah; Candra; Susiswo; As'ari, 2018; Özgen; Alkan, 2014; Roux; Nieuwoudt; Nieuwoudt, 2015; Winsor, 2009).

Além do enfoque teórico do conceito de função nas pesquisas, foi feito um *levantamento dos sistemas de coleta de dados* utilizados nos 14 artigos (Quadro 2) e, como já citado anteriormente, a aplicação de *questionários e entrevistas foi a metodologia mais utilizada pelos pesquisadores*. Por outro lado, o fato de que métodos de observação de aula, gravações em vídeo, uso de tarefas ou relatórios e discussões em grupo foram menos utilizados, evidencia que podem ser mais explorados em pesquisas futuras, de maneira que o uso conjunto de tais metodologias empíricas caracteriza um ambiente propício para o trabalho colaborativo na formação de professores (Gumiero; Pazuch, 2019).

Por fim, a restrição de artigos devido aos procedimentos de busca e seleção descritos pode ter descartado informações, presentes em livros ou em outras publicações, que seriam significativas para esta pesquisa. Ademais, com a inclusão de artigos publicados em quatro

bases de dados, o escopo de publicações foi ampliado para pesquisas publicadas em português, inglês e espanhol. No entanto, a *tentativa de agregar estudos publicados em todos os continentes não ocorreu* porque não foram identificados artigos no continente oceânico. Nesse aspecto, é possível destacar que não foram encontradas pesquisas publicadas com essa temática em território nacional, assim como artigos provenientes de outros países da América Latina, o que demonstra a relevância deste trabalho e a demanda por estudos sobre conceito de função na formação inicial.

O desenvolvimento de pesquisas no âmbito da formação inicial permite que os futuros professores de matemática reconheçam suas próprias dificuldades e limitações mediante o contraste entre os conhecimentos mobilizados no Ensino Superior e a serem ensinados na Educação Básica. Por conseguinte, os formadores de professores podem buscar novas abordagens para desenvolver o conhecimento conceitual, e atrelar o currículo do Ensino Superior ao currículo de matemática da Educação Básica.

Agradecimentos

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

Referências

ARMAS, Tulio Amaya de. Evaluación de la faceta epistémica del conocimiento didáctico matemático de futuros profesores de matemáticas en el desarrollo de una clase utilizando funciones. Rio Claro -São Paulo, **Bolema**, v. 34, n. 66, p. 110-131, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/HfyHn3MvjmDpCZ55Qg3vRnn/abstract/?lang=en>. Acesso em: 02 abr. 2023.

ARNON, Ilana; COTTRILL, Jim; ED, Ed; OKTAC, Asuman; ROA, Solange; TRIGUEROS, Maria; WELLER, Kirk. **APOS theory**. A framework for research and curriculum development in mathematics education. New York: Springer, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-7966-6>. Acesso em: 20 jun. 2023.

AZIZ, Tian Abdul; KURNIASHIH, Meyta Dwi. External representation flexibility of domain and range of functions. **Journal on Mathematics Education**, v. 10, n. 1, p. 143-156, 2019. Disponível em: <https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jme/article/view/5257/pdf>. Acesso em: 24 mar. 2023.

BALL, Lynda; STACEY, Kaye. Teaching strategies for developing judicious technology use. In: MASALSKI, Willian; ELLIOT, Portia (org.). **Technology-supported mathematical learning environment**. Reston, VA: NCTM, 2005. p. 3–15.

BANSILAL, Sarah; BRIJLALLB, Deonarain; TRIGUEROSC, Maria. An APOS study on

pre-service teachers' understanding of injections and surjections. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 48, p. 22–37, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0732312317300615>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Abordagens teóricas e metodológicas na Educação Matemática: aproximações e distanciamentos. In: OLIVEIRA, Andréia Maria Pereira de; ORTIGÃO, Maria Isabel Ramalho (org.). **Abordagens teóricas e metodológicas nas pesquisas em Educação Matemática**. Brasília: SBEM, 2018.

BRAINSTORM. In: **Significados**. [21--]. Disponível em: <https://www.significados.com.br/brainstorming/>. Acesso em: 12 de mar. de 2022.

BUCHHOLTZ, Nils; LEUNG, Frederick; DING, Lin; KAISER, Gabriele; PARK, Kyungmee; SCHWARZ, Björn. Future mathematics teachers' professional knowledge of elementary mathematics from an advanced standpoint. **ZDM Mathematics Education**, v. 45, p. 107–120, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-012-0462-6>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CIVIERO, Paula Andrea Grawieski; SANT'ANA, Marilaine de Fraga. Roteiros de aprendizagem a partir da transposição didática reflexiva. **Bolema**, Rio Claro, v. 27, n. 46, p. 681-696, 2013. DOI: 10.1590/S0103-636X2013000300022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/qrzcmVpKfnfNpqbpdxXgPGK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 mar. 2023.

DEDE, Yüksel; SOYBAS, Danyal. Preservice Mathematics Teachers' Experiences about Function and Equation Concepts. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 7, n. 2, p. 89-102, 2011. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ926522>. Acesso em: 10 mar. 2023.

DENKER, Greice Maiara; GALVAN, Camila; BUZZI RAUSCH, Rita. Características das pesquisas que investigaram a formação de professores no Brasil por meio de comunidades de prática. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 16, n. 41, p. 343-366, 2020. DOI: 10.22481/praxisedu.v16i41.6415. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/%20praxis/article/view/6415>. Acesso em: 20 abr. 2023.

DEPAEPE, Fien; VERSCHAFFEL, Lieven; KELCHTERMANS, Geert. Pedagogical content knowledge: a systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. **Teaching and Teacher Education**, v. 34, n. 1, p. 12-25, 2013. DOI: 10.1016/j.tate.2013.03.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0742051X1300053X>. Acesso em 03 mar. 2023.

FIorentini, Dario; CRECCI, Vanessa Moreira. Metassíntese de pesquisas sobre conhecimentos/saberes na formação continuada de professores que ensinam matemática. **Zetetiké**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 164-185, 2017. DOI: 10.20396/zet.v25i1.8647773. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetiké/article/view/8647773>. Acesso em: 04 mar. 2023.

FOSNOT, Catherine Twomey; JACOB, William. **Young mathematicians at work: Constructing algebra**. Portsmouth, NH: Heinemann, 2010.

GARCIA, Vera Clotilde. Função: o professor conhece este conceito? **VIDYA**, v. 29, n. 2, p. 43-52, jul./dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/325/298>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GATTI, Bernadete Angelina; BARRETO, Elba Siqueira de Sá; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de; ALMEIDA, Patrícia Cristina Albieri de (org.). **Professores do Brasil: novos cenários de formação**. Brasília: UNESCO, 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367919>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GUMIERO, Bárbara Silva; PAZUCH, Vinícius. Collaborative Work in Mathematics Teacher Education. **JIEEM**, v. 12, n. 3, p. 275-283, 2019. DOI: 10.17921/2176-5634.2019v12n3p275-283. Disponível em: <https://jieem.pgsskroton.com.br/article/view/6855>. Acesso em: 03 abr. 2023.

HANSSON, Örjan. **Studying the views of preservice teachers on the concept of function**. 2006. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Luleå University of Technology, 2006.

HUANG, Rongjin; KULM, Gerald. Prospective middle grade mathematics teachers' knowledge of algebra for teaching. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 31, p. 417–430, 2012. DOI: 10.1016/j.jmathb.2012.06.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0732312312000296>. Acesso em: 08 abr. 2023.

JOHNSON, Robert Burke; CHRISTENSEN, Larry. **Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches**. Boston: Allyn and Bacon, 2004.

KAR, Tuğrul. Prospective middle school mathematics teachers' knowledge of linear graphs in context of problem-posing. **International Electronic Journal of Elementary Education**, v. 8, n. 4, p. 643-658, jun. 2016. Disponível em: <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article%20/view/138>. Acesso em 20 mar. 2023.

KARPUZCU, Seçil Yemen; ULUSOY, Fadime; BOSTAN, Mine Işıksal. Prospective Middle School Mathematics Teachers' Covariational Reasoning for Interpreting Dynamic Events During Peer Interactions. **International Journal of Science and Math Education**, v. 15, p. 89–108, 2015. DOI: 10.1007/s10763-015-9668-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-015-9668-8>. Acesso em: 20 mar. 2023.

LACHNER, Andreas; NÜCKLES, Matthias. Tell me why! Content knowledge predicts process-orientation of math researchers' and math teachers' explanations. **Instructional Science**, v. 44, n. 3, p. 221–242, 2016. DOI: 10.1007/s11251-015-9365-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11251-015-9365-6>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MALAMBO, Priestly; PUTTEN, Sonja van; BOTHA, Hanlie; STOLS, Gerrit. Dysfunctional Functions: The Case of Zambian Mathematics Education Students. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 15, n. 1, 2019. DOI: 10.29333/ejmste/

99510. Disponível em: <https://www.ejmste.com/article/dysfunctional-functions-the-case-of-zambian-mathematics-education-students-5611>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MESA, Victoria; MOLFINO, Verónica; OCHOVIET, Cristina. Una intervención en matemática educativa con foco en las prácticas de los formadores a partir de tareas de generalizar y particularizar. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, v. 16, n. 39, p. 281-297, 2020. DOI: 10.22481/praxisedu.v16i39.6378. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/6378>. Acesso em 20 mar. 2023.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **PLoS Med**, v. 6, n. 6, 2009. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19621072/>. Acesso em 26 fev. 2023.

MOHR-SCHROEDER, Margaret; RONAU, Robert N.; PETERS, Susan; LEE, Carl W.; BUSH, William S. Predicting student achievement using measures of teachers' knowledge for teaching geometry. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 48, n. 5, p. 520–566, 2017. DOI: . Disponível: <https://www.jstor.org/stable/10.5951/jresematheduc.48.5.0520>. Acesso em: 05 abr. 2023.

MOON, Kyunghee; BRENNER, Mary; JACOB, Bill; OKAMOTO, Yukari. Prospective Secondary Mathematics Teachers' Understanding and Cognitive Difficulties in Making Connections among Representations. **Mathematical Thinking and Learning**, v. 15, p. 201–227, 2013. ISSN: 1098-6065/1532-7833. DOI: 10.1080/10986065.2013.794322. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10986065.2013.794322>. Acesso em: 15 abr. 2023.

MURTAFAIAH, Wasilatul; SA'DIJAH, Cholis; CANDRA, Tjang Daniel; SUSISWO; AS'ARI, Abdur Rahman. Exploring the Explanation of Pre-service Teacher in Mathematics Teaching Practice. **Journal on Mathematics Education**, v. 9, n. 2, p. 259-270, 2018. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1193624.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2023.

NINOW, Valmir; KAIBER, Carmen Teresa. Affine function: an analysis from the perspective of the epistemic and cognitive suitability of the onto-semiotic approach. **Revista Acta Scientiae**, v. 21, p. 117-137, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5506>. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/5506>. Acesso em: 12 jul. 2023.

O'CALLAGHAN, Brian. Computer-intensive algebra for students' conceptual knowledge of functions. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 29, n. 1, p.21-40, 1998. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/749716>. Acesso em: 07 mar. 2023.

OSTERMANN, Andreas; LEUDERS, Timo; NÜCKLES, Matthias. Improving the judgment of task difficulties: prospective teachers' diagnostic competence in the area of functions and graphs. **J Math Teacher Educ**, v. 21, p. 579–605, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10857-017-9369-z>. Acesso em: 28 mar. 2023.

ÖZGEN, Kemal; ALKAN, Hüseyin. An Investigation of Pre-service Mathematics Teachers' Skills in the Development of Activities. **Educational Sciences: Theory & Practice**, v. 14, n.

3, p. 1193-1201, 2014. DOI: 10.12738/estp.2014.3.1866. Disponível em:
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1034118.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2023.

ROUX, Annalie; NIEUWOUDT, Hercules; NIEUWOUDT, Susan. Conceptual Learning of Functions in a Technologically Enhanced Environment. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**, v. 19, n. 3, p.289–305, 2015. Disponível em: 10.1080/10288457.2015.1089674. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10288457.2015.1089674?journalCode=rmse20>. Acesso em: 24 de mar. de 2022.

SHERMAN, Milan F.; MEAGHER, Michael S.; LOVETT, Jennifer; MCCULLOCH, Allison. Transforming pre-service teachers' definition of function. **Proceedings of the forty-first annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**. St Louis, MO: University of Missouri, p.1039 - 1047, 2019.

SOUSA, Maria do Carmo; MOURA, Manuel Orisvaldo. Estudo das historiografias de Paul Karlson, Konstantin Ríbnikov, Howard Eves e Bento de Jesus Caraça: diferentes modos de ver e conceber o conceito de função. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, 2019. *Online*. DOI: 10.1590/1516-731320190040015. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/7sFpb47g5pRmMtG6bhYvL6P/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 mar. 2023.

SOUZA, Jerson Sandro Santos de; PIRES, Rogério Fernando; SOUZA, Leandro de Oliveira. O conceito de função na formação de professores de matemática: a importância do enriquecimento da imagem conceitual e o seu favorecimento por meio da modelação. **Educação Matemática em Revista** – RS, v. 2, n. 20, p. 111-122, 2019.

WATSON, Anne; HAREL, Guershon. 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**, v.13, n. 2, p. 154-168, 2013. DOI: 10.1080/14926156.2013.784826. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14926156.2013.784826>. Acesso em: 23 mar. 2023.

WINSOR, Matthew. One Model of a Capstone Course for Preservice High School Mathematics Teachers. **PRIMUS**, v. 19, n. 6, p. 510-518, 2009. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10511970802245501>. Acesso em: 29 mar. 2023.

SOBRE OS AUTORES

Caroline Miranda Pereira Lima. Mestra em Ensino e História das Ciências e Matemática pela UFABC. Membro do Grupo de Pesquisa 'Formação de Professores e Tecnologias Digitais em Educação Matemática' (FORTEMAT). Bolsista CAPES.

Contribuição de autoria: *busca de artigos, análise de materiais, escrita, primeira redação, metodologia* - <https://lattes.cnpq.br/1344493133374601>



Vinícius Pazuch. Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela ULBRA. Docente da UFABC. Líder do Grupo de Pesquisa ‘Formação de Professores e Tecnologias Digitais em Educação Matemática’. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, Nível 2. Contribuição de autoria: *escrita, revisão e edição, metodologia* - <http://lattes.cnpq.br/2591062529781762>

Como citar

LIMA, Caroline Miranda Pereira; PAZUCH, Vinícius. Conceito de função e formação inicial de professores: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Práxis Educacional**, Vitória da Conquista, 2023. DOI: 10.22481/praxisedu.v19i50.e11393.