

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

TECNOLOGIAS DIGITAIS E DESENVOLVIMENTO COGNITIVO NA APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Enaldo Vieira de Melo, Luís Paulo Leopoldo Mercado, Andre Luis Canuto Duarte Melo

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.6762>

Submetido em: 2023-09-06

Postado em: 2023-09-15 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

ARTIGO

TECNOLOGIAS DIGITAIS E DESENVOLVIMENTO COGNITIVO NA APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

ENALDO VIEIRA DE MELO¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5952-3208>
< enaldo.melo@ifal.edu.br >

LUÍS PAULO LEOPOLDO MERCADO²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8491-6152>
< luispaulomercado@gmail.com >

ANDRE LUIS CANUTO DUARTE MELO³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3565-4034>
< andre.melo@ifal.edu.br >

¹ Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Maceió, AL, Brasil.

² Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Maceió, AL, Brasil.

³ Instituto Federal de Alagoas. Maceió (IFAL). AL, Brasil.

RESUMO: Com o avanço das tecnologias, especialmente as digitais, as pesquisas educacionais ampliaram-se consideravelmente direcionadas à melhoria da qualidade do ensino e/ou da aprendizagem, a qual está diretamente relacionada ao desenvolvimento cognitivo. Assim, esta pesquisa objetivou, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), analisar as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática. Durante a pesquisa, respondemos outros questionamentos: quais *softwares* têm sido utilizados? Em que nível de ensino da Educação Matemática esses estudos têm estado mais presentes? Quais as metodologias utilizadas no desenvolvimento das pesquisas? Como fundamentam os estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem? Para a pergunta principal de pesquisa os resultados estão dispostos no Quadro 2, bem como os questionamentos secundários no 3. Nas contribuições evidenciadas, destacam-se o uso de jogos e softwares, com aplicações nos diversos níveis de ensino, exceto na educação infantil (crianças 4 anos a 5 anos e 11 meses). Por fim, observamos que das 16 pesquisas selecionadas, 62,5%, foram sustentadas teoricamente por alguma teoria de aprendizagem relacionada ao desenvolvimento cognitivo, ao passo que 37,5%, não embasam seus estudos por meio desse tipo de teoria. Esta revisão poderá contribuir, dentro dos fatos levantados e evidenciados, à novas pesquisas no campo das tecnologias digitais que têm como propósito, o desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem da matemática.

Palavras-chave: Tecnologias, Cognitivo, Aprendizagem, Matemática, RSL.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND COGNITIVE DEVELOPMENT IN MATHEMATICS LEARNING: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: With the advancement of technologies, especially digital ones, educational research has expanded considerably aimed at improving the quality of teaching and/or learning, which is directly related to cognitive development. Thus, this research aimed, through a Systematic Literature Review (SLR), to analyze the contributions of research with digital technologies for the cognitive development of students in the mathematical learning process. During the research, we answered other questions: what

software have been used? At what level of teaching in Mathematics Education have these studies been more present? What are the methodologies used in the development of research? How are studies of cognitive development based on the learning process? For the main research question, the results are displayed in Table 2, as well as the secondary questions in 3. In the contributions evidenced, the use of games and software stands out, with applications in the different levels of education, except in early childhood education (children 4 years to 5 years and 11 months). Finally, we observed that of the 16 selected studies, 62.5% were theoretically supported by some learning theory related to cognitive development, while 37.5% did not base their studies on this type of theory. This review may contribute, within the facts raised and evidenced, to new research in the field of digital technologies whose purpose is cognitive development in the process of learning mathematics.

Keywords Technologies, Cognitive, Learning, Mathematics, RSL.

TECNOLOGÍAS DIGITALES Y DESARROLLO COGNITIVO EN EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

RESUMEN: Con el avance de las tecnologías, especialmente las digitales, se ha expandido considerablemente la investigación educativa orientada a mejorar la calidad de la enseñanza y/o el aprendizaje, lo cual está directamente relacionado con el desarrollo cognitivo. Esta investigación tuvo como objetivo, a través de una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), analizar los aportes de la investigación con tecnologías digitales al desarrollo cognitivo de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de las matemáticas. Durante la investigación, respondimos a otras preguntas: ¿qué programas informáticos se han utilizado? ¿En qué nivel de la Educación Matemática han estado más presentes estos estudios? ¿Qué metodologías se han utilizado para desarrollar la investigación? ¿Cómo se fundamentan los estudios sobre el desarrollo cognitivo en el proceso de aprendizaje? Para la pregunta principal de investigación, los resultados se muestran en la Tabla 2, y para las preguntas secundarias en la Tabla 3. Entre las aportaciones destacamos el uso de juegos y software, con aplicaciones en diferentes niveles educativos, excepto en educación infantil (niños de 4 años a 5 años y 11 meses). Por último, observamos que de los 16 estudios seleccionados, el 62,5% se apoyaban teóricamente en alguna teoría del aprendizaje relacionada con el desarrollo cognitivo, mientras que el 37,5% no basaban sus estudios en este tipo de teoría. Esta revisión podría contribuir, dentro de los hechos planteados y evidenciados, a nuevas investigaciones en el campo de las tecnologías digitales cuya finalidad sea el desarrollo cognitivo en el proceso de aprendizaje de las matemáticas.

Palabras clave: : Tecnologías, Cognitivo, Aprendizaje, Matemáticas, RSL.

INTRODUÇÃO

Ao longo de nossas vidas, estamos em contato permanente com a aprendizagem. Em alguns estágios desse percurso ela ocorre naturalmente diante das necessidades do “ser humano”, como falar, andar, comer, etc. Mas em outros, aprendemos por necessidades pessoais e/ou profissionais. De acordo com Neves (2017), a aprendizagem decorre de mudanças comportamentais advindas de experiências anteriores as quais englobam o sujeito em seus aspectos psicológicos, biológicos e sociais, tendo que haver equilíbrio entre estes aspectos para que não haja dificuldades na aprendizagem.

Desde o início do século XX, saber como o ser humano aprende, tem sido motivo de vários estudos, pesquisas e definições teóricas. Compreender como se processa a aprendizagem em um sujeito, como pensa e compreende os fenômenos ao seu redor, trata-se de compreender o seu desenvolvimento

cognitivo. Enquanto a cognição é a capacidade do indivíduo de processar as informações advindas de várias fontes, tais como a percepção de estímulos do ambiente, das experiências e de características pessoais, como crenças e valores, transformando-as em conhecimento (SOUZA, 2021) ou ainda “o conjunto das atividades que decorrem do funcionamento cerebral do homem e do animal: sensório-motricidade, percepção, linguagem, aprendizagem, memória, representação dos conhecimentos, decisão e raciocínio” (TIBERGUIEN, 2007, p. 9), o desenvolvimento cognitivo é a ampliação dessa capacidade, adquirindo conceitos, habilidades de percepção, melhoramento da linguagem bem como outros aspectos relativos maturação do cérebro (SOUZA, 2021). Assim, quanto mais aprendemos, mais ampliamos nossa capacidade cognitiva.

O interesse pelo processo do desenvolvimento cognitivo e conseqüentemente da aprendizagem data do início do século XX. A teoria cognitivista surge em oposição à teoria psicológica do behaviorismo, movimento que prezava o comportamento à consciência, o estímulo e resposta às imagens e ideias. Destaca-se nessa teoria, B. F. Skinner (1904-1990), com seu interesse pelo comportamento observável, não se preocupando com os processos intermediários entre estímulo e resposta. (MOREIRA, 2023).

Atualmente as teorias cognitivistas de Piaget, Vygotsky e Ausubel têm se destacado na contribuição dada à aprendizagem em sala de aula (MOREIRA, 2023). Discorreremos, resumidamente, acerca das concepções teóricas de cada um deles, uma vez que contribuem para o estudo em questão.

Jean Piaget (1896-1980) começa a se destacar na década de 1970, com sua teoria do Desenvolvimento Cognitivo Humano, apesar de produção relevante datar de 1920. É neste período (1970) que o cognitivismo se destaca frente ao behaviorismo voltado para o ensino e a aprendizagem. O cerne de sua teoria está na assimilação, na acomodação e na equilíbrio e “[...] não nos famosos períodos de desenvolvimento mental.” (MOREIRA, 2023, p.85). É a assimilação e a acomodação que dão origem ao desenvolvimento cognitivo. O processo de assimilação ocorre quando a realidade passa a fazer parte da mente, não a alterando. Entretanto, quando ele não se efetiva, a mente se altera, ocorrendo então o que Piaget denomina de acomodação. É dessa maneira que são construídas novas formas de assimilação, havendo, portanto, o desenvolvimento cognitivo. Segundo Moreira (2023, p. 88),

Não há acomodação sem assimilação, pois acomodação é reestruturação da assimilação. O equilíbrio entre assimilação e acomodação é a adaptação à situação. Experiências acomodadas dão origem posteriormente a novos esquemas de assimilação, e um novo estado de equilíbrio é atingido.

Embora a teoria de Piaget não seja especificamente uma teoria de aprendizagem, mas do desenvolvimento mental, uma vez que há imposição desta sobre o ambiente (assimilação), enquanto se reelabora frente à necessidade de adaptação ao meio, (acomodação), quando o processo primeiro não ocorre, há, portanto, segundo ele, um aumento do conhecimento. Assim, escolhe se referir à aprendizagem neste sentido, ou seja, a aprendizagem se dá quando a assimilação perpassa pela acomodação, havendo então, um aumento de conhecimento (MOREIRA, 2023).

Sobre o desenvolvimento cognitivo, Lev Vygotsky (1896-1934) relata que o mesmo não acontece de forma independente do contexto social, histórico e cultural. Além disso, os processos mentais superiores de cada sujeito formam a base de sua teoria. Estes por sua vez (processos mentais), são mediados por signos e instrumentos que nos auxiliam a entendê-los. Completando sua teoria, o “método genérico-experimental” é utilizado por ele para observar o desenvolvimento cognitivo do indivíduo

(DRISCOLL, 1995, p. 225). São as relações sociais que originam o pensamento, a linguagem, o comportamento, ou seja, processos mentais, não sendo possível sem estes, haver desenvolvimento cognitivo, que é para ele, a transformação dessas relações em funções mentais. Segundo Garton (1992), é através da mediação, com a utilização de instrumentos e signos, que há a interiorização de atividades e comportamentos sócio-históricos. Conforme Vygotsky, é por esta internalização de instrumentos e signos, advindos da cultura, que ocorre o desenvolvimento cognitivo (VYGOTSKY, 1988).

Tratando-se da aprendizagem, – a qual está condicionada ao desenvolvimento das funções mentais superiores através da internalização de instrumentos e signos em situações interacionais – Vygotsky diz que esta deve situar-se na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), região determinada pela diferença entre o que o indivíduo pode realizar sozinho e o que pode fazer com a colaboração de outrem. É esta Zona que estabelece quais funções não amadureceram, mas que ainda estão nesse processo, tornando-se assim, uma forma de averiguar a aprendizagem (MOREIRA, 2023).

David Paul Ausubel (1918 - 2008) foi outro grande teórico do desenvolvimento cognitivo. A aprendizagem, segundo ele, ocorre com a organização e integração do material na estrutura cognitiva do indivíduo. Além disso, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Logo, ao docente cabe verificar o que ele traz consigo para que possa ser utilizado em prol da sua aprendizagem. Ainda segundo Ausubel, a retenção e aprendizagem de novas informações ocorre quando conceitos importantes estão disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito, funcionando assim, como ancoradouros ao novo conhecimento. (MOREIRA, 2023). Assim, Ausubel formulou sua teoria da aprendizagem como sendo a Aprendizagem Significativa, que é

[...] um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2023, p. 148).

Logo, a aprendizagem acontece quando o novo conhecimento é acomodado através do que já há de relevante, em termos conceituais ou proposicionais, na mente do estudante. É através dessa acomodação, ou ancoragem, como ele se refere, que há acréscimo e alteração dos subsunçores existentes, resultando assim, no desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Mas, e se houver pouco ou até mesmo nada de relevante na estrutura cognitiva (subsunçores) do sujeito que possa acomodar novos conhecimentos? Ausubel se refere, então, à necessidade de haver uma aprendizagem mecânica (ou automática), onde o novo conhecimento é adquirido de forma arbitrária. Podemos citar como exemplo, na geometria plana, conceitos que são aceitos sem a necessidade de demonstração, que são os postulados (ou axiomas). Eles formam a base para a estrutura de novos conceitos e proposições, os quais são provados a partir desses axiomas. É preciso então, apropriar-se desses postulados, de forma arbitrária, para que se possa compreender as novas definições. Para Ausubel, a aprendizagem significativa e a mecânica não são dicotômicas, mas sim um contínuo.

Ausubel, autor da Teoria da Aprendizagem Significativa, fala ainda da importância de se ter organizadores prévios, que são materiais introdutórios utilizados antes do conteúdo principal que deve ser aprendido. Estes são úteis para ativar a estrutura cognitiva, cuja finalidade é facilitar a aprendizagem. Observa ainda que há condições para que esta ocorra: o material a ser aprendido necessita relacionar-se de forma não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do indivíduo. Atendendo este requisito, este

material será atribuído como potencialmente significativo. Outra condição importante é que o sujeito se disponha, de forma substantiva e não arbitrária, a relacionar o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2023).

Observando estas e outras teorias que nos levam a compreender como o ser humano aprende e como se dá o desenvolvimento cognitivo, percebemos os vários fatores que levam à aprendizagem, bem como os meios pelos quais podemos nos utilizar para atingi-lo.

Diante das perspectivas atuais no campo do desenvolvimento cognitivo, ou seja, da aprendizagem, bem como considerando estudos teóricos relacionados, como as teorias cognitivas citadas, dentre outras, dentro do campo educacional, e considerando ainda que a utilização de softwares educacionais têm trazido novas perspectivas para o ensino e para a aprendizagem, (BRASIL, 2018), pretendemos, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), baseada nos preceitos de Kitchenham e Charters (2007), responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática? Além de repostas para esse questionamento, surgem questões secundárias a serem respondidas, como: quais softwares têm sido utilizados? Em que nível de ensino da Educação Matemática esses estudos têm estado mais presentes? Quais as metodologias utilizadas no desenvolvimento das pesquisas? Como fundamentam os estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem?

METODOLOGIA

Com a ampliação dos meios digitais de comunicação, a divulgação de pesquisas científicas tem se espalhado pelas diversas bases de dados, as quais conseguem concentrar, cada uma delas, uma quantidade exorbitante de trabalhos realizados das diversas partes do mundo. Sem o auxílio da tecnologia seria praticamente impossível o acesso a esses resultados. Conforme Ramos *et al.* (2014), em “ambiente digital, torna cada vez mais complexa a atividade de seleção, não só no momento de pesquisa para encontrar o assunto inquirido, mas acima de tudo na determinação do que é ou não cientificamente credível e relevante para a revisão de literatura.”.

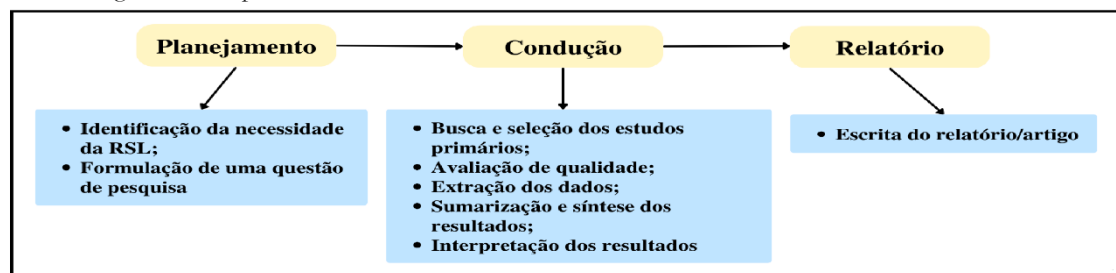
Assim, diante da expressiva produção existente nas diversas bases de dados, a RSL é uma sistemática de busca de trabalhos que, centrada numa questão de pesquisa bem definida, tem por objetivo identificar, destacar, analisar e condensar os fatos mais relevantes para o estudo em questão, mostrando-se, pois, como uma forma confiável e criteriosa de levantamento e escolha de dados. Conforme Hulley *et al.* (2015), a RSL identifica “[...] um conjunto de estudos já finalizados que abordam uma determinada questão de pesquisa e avaliam os resultados desses estudos para evidenciar conclusões sobre um corpo de conhecimento.

Na literatura Conforto *et al.* (2011), Azevedo (2016), Levy e Ellis (2006), Bown, Sutton (2010), Briner e Denyer (2012), Denyer e Tranfield (2009), Figueiró, Raufflet (2015), Gough *et al.* (2012), Maclure *et al.* (2016), Ravindran, Shankar (2015) e Kitchenham e Charters (2007), tratam dos procedimentos para realização de uma RSL. Por leituras já aprofundadas, adotamos os procedimentos indicados por Kitchenham e Charters (2007), para a realização da referida revisão.

Começamos por definir o protocolo de pesquisa a ser utilizado. Como dito no parágrafo anterior, seguiremos as diretrizes do apresentado por Kitchenham e Charters (2007), pois “[...] é o mais utilizado tanto na área de computação, em geral, quanto nos trabalhos sistemáticos de levantamento da

literatura da área de Informática na Educação.” (DERMEVAL; BITTENCOURT, [s.d.]), a saber: planejamento, condução e relatório. Em cada etapa desse protocolo devemos realizar as seguintes atividades, conforme Figura 1 (KITCHENHAM, CHARTERS, 2007):

Figura 1 – Etapas e atividades da Revisão Sistemática da Literatura Sistemático da Literatura.



Fonte: adaptado de Kitchenham e Charters (2007).

Nas seções a seguir descrevemos a realização destas etapas (Figura 1).

Planejamento

Apontamos, após buscas nos periódicos *ISI Web of Science* (<http://www.isiknowledge.com>), *Scopus* (<http://www.scopus.com>), *IEEEExplore* (<http://ieeexplore.ieee.org/>) e *ACM Digital Library* (<http://dl.acm.org/>), a ausência de revisões (bibliográfica e/ou sistemáticas da literatura) que trouxessem as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática. Este fato, em conjunto com os argumentos expostos anteriormente neste texto, justifica a necessidade desta RSL ao tempo que reafirma a pergunta de pesquisa já enunciada anteriormente (quais as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática?) bem como os questionamentos secundários que decorrem desta pesquisa (quais *softwares* têm sido utilizados? Em que nível de ensino da Educação Matemática esses estudos têm estado mais presentes? Quais as metodologias utilizadas no desenvolvimento das pesquisas? Como fundamentam os estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem?).

Esperemos que esta pesquisa possa ser útil àqueles que buscam, por meio de *softwares* educacionais, ampliar e/ou estimular o desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem, utilizando estes estudos para realizar novas descobertas, ou se apropriando de metodologias em buscas de novos resultados. São várias as contribuições que essa RSL pode trazer.

Condução

Iniciamos as buscas por trabalhos que pudessem responder à nossa pergunta de pesquisa, optando pelas bases de dados: *ISI Web of Science*, *Scopus* e *IEEEExplore* e *ACM Digital Library* recomendadas por Chen *et al.* (2010).

Para realizarmos as pesquisas nestas bases de dados, começamos estruturando a questão de pesquisa em palavras-chaves, definindo assim, por meio de conectivo lógicos “AND” e “OR” (E e OU respectivamente), a *strig* de busca que seria utilizada em cada uma delas (DERMEVAL; BITTENCOURT, [s.d.]). Para estabelecermos uma que pudesse nos retornar o maior número de trabalhos primários e que

fossem realmente significativos para atender aos questionamentos dessa pesquisa, seguimos as tarefas propostas por Kitchenham e Charters (2007):

1. Realizar a pesquisas de forma antecipada, objetivando encontrar revisões existentes bem como analisar a quantidade de trabalhos significativos;
2. Realizar combinações com os termos de busca no intuito de testá-los;
3. Observar se os trabalhos primários já conhecidos, os quais devem fazer parte da pesquisa, são retornados por meio das *strings* testes;
4. Dividir as questões de pesquisas em palavras-chaves, criando *strings* com seus sinônimos.

Assim, dada a pergunta de pesquisa (quais as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática?), separamo-las nas seguintes palavras-chave: tecnologias digitais, desenvolvimento cognitivo, aprendizagem matemática e estudantes ou *digital technologies, cognitive, mathematical learning*, uma vez que as buscas se tornam mais efetivas quando são realizadas na língua inglesa. Conectando esses termos com os conectivos lógicos, formamos a *string* 1: “*digital technologies*” AND “*cognitive*” AND “*mathematical learning*” AND “*student*”.

Após realizarmos os testes de buscas com essa *string* nas bases indicadas, sem refinamentos, mas considerando que deveriam ser encontradas em qualquer parte do texto, obtivemos os seguintes resultados por base: Scopus, 34, *Web of Science*, 26, *IEEE Xplore*, 12 e *ACM Digital Library*, 5, totalizando 77 trabalhos.

Visando atingir ao maior número de trabalhos possíveis, dentro da pergunta de pesquisa, acrescentamos sinônimos às palavras chaves (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Assim, para termos análogos a tecnologias digitais, tivemos: tecnologia digital de informação e comunicação, *software*, programa de computador, objeto virtual de aprendizagem e *applet*. Estendemos também o conceito de aprendizagem matemática à Educação Matemática, uma vez que educar matematicamente, enseja sua aprendizagem. Logo, finalizamos a nova *string*, acrescentando o termo “desenvolvimento cognitivo” à cognição, obtivemos a *string* 2:

(“*digital technolog**” OR “*information and communication technolog**” OR “*digital information and communication technolog**” OR “*softwar**” OR “*computer program**” OR *applet** OR “*virtual learning object*”) AND (“*cognitive development*” OR “*cognitive*” OR “*cognition*”) AND (“*math learning*” OR “*mathematics learning*” OR “*mathematical learning*” OR “*math education*” OR “*mathematics education*” OR “*mathematical education*”) AND (“*student**”).

Com ela ampliamos os trabalhos para os seguintes números: Scopus, 75, *Web of Science*, 76, *IEEE Xplore*, 224 e *ACM Digital Library*, 62, totalizando agora 437. Pela ampliação dos resultados percebemos que a nova busca havia sido melhorada com o incremento dos termos sinônimos, bem como pelo encadeamento destes através dos conectivos *booleanos*.

Realizando um último ajuste, com o objetivo de deixar a *string* de busca mais concisa, agrupamos os termos relacionados a matemática num único parêntese, bem como os relacionados à aprendizagem, obtendo assim a *string* 3:

(“*digital technolog**” OR “*information and communication technolog**” OR “*digital information and communication technolog**” OR “*softwar**” OR “*computer program**” OR *applet** OR “*virtual learning object*”) AND (“*cognitive development*” OR “*cognitive*” OR “*cognition*”) AND ((“*math*” OR “*mathematics*” OR “*mathematical*”) AND (“*learning*” OR “*education*”)) AND (“*student**”).

Com esta mudança, ampliamos, substancialmente, os resultados de 3 das 4 quatro bases utilizadas, a saber: Scopus, 374; *Web of Science*, 394; e *IEEE Xplore*, 224, *ACM Digital Library*, 483, totalizando 1475. Esta última *string* mostrou-se ainda mais eficiente, direcionando-nos aos estudos mais alinhadas à questão de pesquisa (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007). Estes resultados são “brutos”, nos quais não foram aplicados os refinamentos nas bases. Para estes, definimos os seguintes filtros: documentos: artigos revisados por pares; período: 2010 a fevereiro de 2023; língua: inglês, português e espanhol; área de pesquisa: matemática e ciência da computação; tipo de acesso: aberto. Neste contexto, obtivemos os seguintes quantitativos de artigos: Scopus, 65, *Web of Science*, 41, *IEEE Xplore*, 21 e *ACM Digital Library*, 11.

Como parte da etapa da condução da RSL, é obter os trabalhos que tenham relação direta com a questão de pesquisa, foi necessário, além do refinamento nas bases de dados, definir os critérios de inclusão e exclusão (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007), os quais foram aplicados através da leitura dos resumos destes, e, em alguns casos, de todo o texto. Esta fase antecedeu a análise completa dos artigos que visava responder à pergunta de pesquisa, bem como aos questionamentos secundários. Na exclusão de artigos repetidos bem como na otimização desta etapa, utilizamos o *software* Parsival (<https://parsif.al/>). Assim, estes foram os critérios de inclusão e exclusão utilizados conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão de artigos

Critérios de inclusão (CI):	Critérios de exclusão (CE):
CI1 – artigos primários;	CE1 – não envolvem a aprendizagem matemática
CI2 – alinhamento com a pergunta de pesquisa	CE2 – não trata de aluno;
CI3 – alinhamento com questões secundárias de pesquisa	CE3 – redundantes de mesmo autoria (DERMEVAL; BITTENCOURT, [s.d.])
	CE4 – artigos de revisão.
	CE5 – possuem apenas o resumo
	CE6 – não tem alinhamento com a pesquisa
	CE7 - não respondem aos questionamentos da pesquisa.

Fonte: os autores (2023).

Através do Parsival, detectamos 40 artigos repetidos, ficando com os seguintes quantitativos de artigos por base: Scopus, 26, *Web of Science*, 41, *IEEE Xplore*, 20 e *ACM Digital Library*, 11, ou seja, um total de 98 pesquisas.

Procedida a leitura dos resumos, e, em alguns momentos ao texto completo, aplicamos os critérios de inclusão e exclusão (Quadro 1) visando obter aqueles que tinham potencial de responder à pergunta de pesquisas. Realizada esta etapa, restaram para análise mais criteriosa, ou seja, a leitura na íntegra dos textos, um total de 16 artigos, sendo 3 da Scopus, 6 da *Web of Science*, 3 da *IEEE Xplore* e 4 da *ACM Digital Library*. Pela aplicação dos filtros nas bases de dados e pelos critérios de inclusão e exclusão aplicados, consideramos que os artigos escolhidos foram bem avaliados para responderem os questionamentos da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise completa dos artigos, no sentido de obter respostas para a pergunta de pesquisa, bem como para as questões secundárias, chegamos aos resultados do Quadro 2 no qual

destacamos que dos 16 (dezesesseis) trabalhos selecionados, respectivamente, título da pesquisa, autor (es), a tecnologia digital utilizada, e as contribuições dessas tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática.

Quadro 2 – Relação de artigos e suas contribuições

1. <i>Development of geometry analysis using Geogebra scripting in terms of student</i>
Bernard e Setiawan (2020)
Geogebra <i>script</i>
Melhorou significativamente o ensino e a aprendizagem da geometria analítica; aumento em cada habilidade cognitiva principalmente na capacidade de compreensão, comunicação e conexões entre os alunos; foram mais ativos em explorar para encontrar; foram capazes de se expressar em provar a verdade através do conceito de imagens.
2. <i>Math detective: digital game-based mathematical error detection, correction and explanation</i>
Cheng <i>et al.</i> (2015)
<i>Math Detective</i> (jogo de aprendizagem baseado em computador)
Embora os resultados não tenham mostrado nenhuma tendência para sua autoavaliação de desempenho, os alunos acharam que as funções do sistema os ajudaram muito
3. <i>Mathematics experiences: pedagogical implications with the use of digital games, m-learning and social networks</i>
Pereira <i>et al.</i> (2016)
Jogos digitais (<i>Sim City Built e Clash of Clans</i>) e redes sociais (<i>Facebook e Whats.App</i>)
Desenvolvimento de competências: habilidades de raciocínio lógico-matemático, resolução de problemas, construção de algoritmos adequados e compreensão do registro conceitual e notacional abstrato da matemática.
4. <i>Supporting children's math learning with feedback-augmented narrative technology</i>
Ruan <i>et al.</i> (2020)
<i>chatbot</i>
A integração de um <i>chatbot</i> de tutoria melhorou os resultados de aprendizagem na avaliação; um sistema de tutoria baseado em narrativa com ajuda mediada por <i>chatbot</i> pode apoiar experiências de aprendizagem eficazes para crianças.
5. <i>Improving abstraction through Python programming in undergraduate computer science and math Classes</i>
Jackson <i>et al.</i> (2019)
Programação em <i>Python</i>
As atividades de programação de computador ajudaram os alunos a formar imagens mentais e os levaram a níveis mais altos de abstração.
6. <i>MATHPOL: development of mathematical competencies in engineering students using Project-Oriented Learning</i>
Herrera <i>et al.</i> (2020)
Impressão 3D, realidade aumentada e modelagem com Mathematica e Python,
Os alunos aumentaram significativamente os níveis de domínio nas competências matemáticas, tais como: pensar e raciocinar, argumentar, comunicar, modelar, propor e resolver problemas; representação, fazendo uso de linguagem e operações simbólicas, e uso de auxílios e ferramentas; houve um impacto positivo no engajamento destes; o uso da tecnologia desempenhou um papel importante para ajudar a desenvolver essas competências.
7. <i>A pilot project comparing the effectiveness of using ICT for teaching addition and subtraction with first grade students</i>
Zaranis e Baralis (2015)
<i>Software</i> projetado seguindo os fundamentos da teoria RME
Os alunos tiveram uma melhora significativa em seu desempenho matemático geral em comparação com aqueles ensinados usando o método de ensino tradicional;

Revelou um interesse estendido pelas tarefas envolvidas por parte dos alunos, o que transformou todo o procedimento em um ambiente de aprendizado completo, focado, silencioso e independente.
8. <i>Math on a sphere: using public displays to support children's creativity and computational thinking on 3D surfaces</i>
Hsi e Eisenberg (2012)
<i>Math on a Sphere</i> (MoS) - ambiente baseado na Web
Ao examinar as mudanças em seus ganhos pré-pós-teste em itens de avaliação em matemática, geometria e uso da linguagem de programação MoS, houve um ligeiro aumento geral; Os alunos obtiveram ganhos adicionais em seu conhecimento prévio de geometria plana, no entanto, obtiveram pontuações mais baixas em questões que visavam testar seu conhecimento de geometria esférica; A oficina de <i>software</i> MoS teve um impacto positivo no envolvimento das crianças
9. <i>Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry</i>
Shimomura <i>et al.</i> (2013)
tecnologia háptica para usuários cegos
80% dos participantes reconheceram um único objeto geométrico 3D; Embora não tenha havido uma diferença significativa no aumento de conhecimento do grupo visual mais háptico em relação apenas ao grupo visual, o estudo constatou que os alunos do primeiro grupo ficaram menos frustrados e menos desorientados.
10. <i>Pre-service teachers' experience with Khan Academy in introductory physics</i>
Lindstrøm e Gray (2018)
Sistema de aprendizado de matemática on-line gratuito Khan Academy (KA)
Promoveu a internalização da motivação para o uso do KA; Exibiram variabilidade na profundidade do envolvimento cognitivo em resposta ao mecanismo de feedback em KA; Ajudou os alunos a entrar em uma 'mentalidade matemática', permitindo que estabelecessem conexões mais profundas entre matemática e física.
11. <i>The effects of an inductive reasoning learning strategy assisted by the Geogebra software on students' motivation for the functional Graph II topic</i>
Abdullah <i>et al.</i> (2020)
<i>Software</i> GeoGebra
Aprender por meio de uma estratégia de raciocínio indutivo assistida pelo GeoGebra aumentou a motivação dos alunos em matemática.
12. <i>Using Hawgent Dynamic Mathematic software in teaching trigonometry</i>
Wijaya <i>et al.</i> (2020)
Hawgent Dynamic Mathematic <i>Software</i>
Há uma melhora na habilidade matemática dos alunos para trigonometria; Foram mais ativos e entusiasmados nas aulas; melhorou a capacidade matemática em trigonometria.
13. <i>Evaluation by experts and designated users on the learning strategy using SketchUp make for elevating visual spatial skills and geometry thinking</i>
Wahab <i>et al.</i> (2017)
<i>Software</i> dinâmico <i>SketchUp Make</i>
Aumentou as competências sobre o pensamento geométrico visoespacial.
14. <i>Momentos clave en el aprendizaje de isometrías en un entorno colaborativo y tecnológico</i>
Moreira <i>et al.</i> (2012)
<i>Software</i> Geogebra
Ajudou a mediar a verificação de conjecturas.
15. <i>Can interactive visualization tools engage and support pre-university students in exploring non-trivial mathematical concepts?</i>
Liang e Sedig (2010)
Ferramenta de visualização matemática (SVT ou <i>Solid Visualization Tool</i>)
Envolveu e apoiou a exploração de conceitos matemáticos não triviais.
16. <i>Use of Geogebra in teaching and learning geometric transformation in school mathematics</i>

Dahal <i>et al.</i> (2022)
<i>Software</i> Geogebra
Permitiu o aprendizado por descoberta; incentivou o aprendizado colaborativo; permitiu visualizar transformações geométricas; auxiliou na compreensão de conceitos abstratos de transformação.

Fonte: os autores (2023)

Respondendo a um questionamento secundário da pesquisa (quais *softwares* têm sido utilizados?), notamos que os trabalhos se diversificam entre jogos educacionais, *softwares* de Geometria Dinâmica, sistemas tutores inteligentes, uso de programação, plataformas *online*, e novos recursos tecnológicos como o uso de impressão 3D e realidade aumentada. Dentre as pesquisas há preocupações também com a aprendizagem de pessoas com deficiência, como no caso do uso da tecnologia háptica para usuários cegos. Entre os *softwares* de Geometria Dinâmica, o Geogebra se destaca no desenvolvimento cognitivo relativo à aprendizagem de geometria e gráficos, auxiliando nos processos de raciocínio indutivo. De forma geral, podemos observar (Quadro 2) que em todos os trabalhos selecionados, houve contribuições dessas tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática, respondendo, pois, a pergunta de pesquisa dessa RSL.

Na leitura detalhada dos trabalhos, pudemos responder às questões secundárias da RSL em questão. No Quadro 3, traz de forma sintetizada, as respostas para os seguintes questionamentos: em que nível de ensino da Educação Matemática esses estudos têm estado mais presentes? Quais as metodologias utilizadas no desenvolvimento das pesquisas? e, como fundamentam os estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem? Estes questionamentos encontram-se dispostos, após os títulos dos trabalhos, de forma respectiva.

Quadro 3 – Relação de artigos e suas contribuições

1. <i>Development of geometry analysis using Geogebra scripting in terms of student</i>
Superior
Foi utilizado o método de identificação do desenvolvimento da aprendizagem constituído por fase de desenvolvimento, fase de avaliação e revisão; Dados estatísticos são utilizados para validar a aprendizagem.
Traz autores que tratam do desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de conceitos relacionados à geometria.
2. <i>Math detective: digital game-based mathematical error detection, correction and explanation</i>
Ensino Fundamental
O estudo adotou o questionário autoelaborado e a escala Likert para coletar as opiniões dos alunos sobre o sistema.
Traz autores que tratam da aprendizagem sobre os erros.
3. <i>Mathematics experiences: pedagogical implications with the use of digital games, m-learning and social networks</i>
Ensino Fundamental
Pesquisa bibliométrica; Revisão sistemática em busca de trabalhos nacionais e internacionais relacionadas à temática.
Para analisar os dados coletados nesta pesquisa foi utilizada a teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) de Feuerstein; Tem aproximações com os estudos Interacionistas culturais e a ZDP de Vygotsky (2003).
4. <i>Supporting children's math learning with feedback-augmented narrative technology</i>
Ensino Fundamental
Estudo de laboratório e avaliação de acompanhamento;

Para avaliar os resultados do aprendizado, os participantes fizeram uma avaliação matemática (questionário) antes e depois da interação com nossa plataforma.
Traz autores que tratam de aprendizado baseado em narrativa, aprendizado aumentado por feedback e jogos educacionais.
5. <i>Improving Abstraction through Python programming in undergraduate computer science and math classes</i>
Superior
A abordagem é modelada na pedagogia construtivista e usa a programação de computadores como um laboratório para explorar o comportamento de um conceito específico sob investigação. Usa grupo controle, além de pré e pós-testes.
Usa a teoria APOS (<i>Action, Process, Object, and Schema</i>) na qual as estruturas mentais são Ação, Processo, Objeto e Esquema (ASIALA, <i>et al.</i> 1997); Foi desenvolvida como uma forma de descrever as construções mentais realizadas pelos alunos sobre um conceito.
6. <i>MATHPOL: Development of mathematical competencies in engineering students using Project-Oriented Learning</i>
Superior
Foi implementada uma metodologia de pré-teste/pós-teste para medir o impacto do projeto no desenvolvimento de competências matemáticas, além da utilização da escala Likert. O estudo é embasado pela aprendizagem baseada em competências e pela Aprendizagem Orientada a Projetos (POL).
7. <i>A pilot project comparing the effectiveness of using ICT for teaching addition and subtraction with first grade students</i>
Ensino Fundamental
Pesquisa experimental; uso de pré-teste e pós-teste. É fundamentado pela teoria Educação Matemática Realista (RME) e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)
8. <i>Math on a sphere: using public displays to support children's creativity and computational thinking on 3D surfaces</i>
Fundamental e Médio
Oficina realizada em workshop no Lawrence Hall of Science; Utilização de pré e pós testes. Baseia-se na noção de um “museu construtivista” (HEIN, 1998)
9. <i>Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry</i>
Não deixa claro, relatando apenas que a maioria são crianças em idade escolar. Experimento seguido de entrevista estruturada; Coleta de dados por meio entrevistas; Aplicação de questionário pré-teste, pós-tarefa e pós-teste. A pesquisas é embasada pela taxonomia de erros de Sjöström (2002).
10. <i>Pre-service teachers' experience with Khan Academy in introductory physics</i>
Superior
Curso; leitura de livro didático, exibição de vídeos; realização de pré-teste; entrevistas de grupos focais; desenvolvido guia de entrevista semiestruturado; entrevistas gravadas em áudio. Teoria da Autodeterminação (RYAN; DECI, 2000); conceito de assimilação (J. Piaget,1954); Práticas de Pensamento em Matemática e Aprendizagem de Ciências (SCHOENFELD,1998)
11. <i>The effects of an inductive reasoning learning strategy assisted by the Geogebra software on students' motivation for the functional Graph II topic</i>
Ensino Médio
Quase-experimental; utilizou três amostras, entre elas, uma de controle com aplicação de estratégia convencional; utilizou conjunto de questionário para coleta de dados. A pesquisa foi guiada pelo Modelo de Raciocínio Indutivo de Marzano (MARZANO; PICKERING, 1988);

Traz vários autores que tratam da motivação, entre eles, um trata também da cognição (DAI, STERNBERG, 2004).
12. Using Hawgent Dynamic Mathematic software in teaching trigonometry
Ensino Médio
Utiliza o método ADDI - <i>Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate</i> ; Foram utilizados o teste cognitivo, a entrevista e a observação.
Não menciona.
13. Evaluation by experts and designated users on the learning strategy using SketchUp make for elevating visual spatial skills and geometry thinking
Não menciona
Utilizou uma abordagem quantitativa (com adaptação do modelo de Meyer (1988) e uso de Pré-teste e pós-teste) e qualitativa (observações e entrevistas para gerar informações); Uso de teste piloto; Adotou os cinco estágios cíclicos do modelo de design instrucional ADDIE (<i>Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate</i>) Embasado pela teoria de pensamento geométrico de Van Hiele (1984).
14. Momentos clave en el aprendizaje de isometrías en un entorno colaborativo y tecnológico
Ensino Médio
Estudo experimental; uso de sequência didática; Utilização de triangulação de dados e técnica básica de análise do discurso (Wells, 1996).
Utiliza os estudos de Kolb (1984) sobre a aprendizagem; a perspectiva sociocultural da aprendizagem de Wertsch (1998); Trata da mediação como uma noção derivada da psicologia sociocultural vygotskiana; Usa as teorias da gênese instrumental, desenvolvidas por Rabardel e Bourmaud (2003); Usa a concepção de cognição matemática de Jones (2000).
15. Can interactive visualization tools engage and support pre-university students in exploring non-trivial mathematical concepts?
Fundamental e Médio
Pesquisa multimétodo (quantitativo e qualitativo) usado para triangular e validar os diferentes tipos de achados e observações; uso de pré e pós-teste, questionários, capturas de vídeo e tela de computador, entrevistas e observações diretas para coleta de dados. Traz vários autores que corroboram os benefícios que as visualizações trazem para o raciocínio e a aprendizagem, dentre eles destaca-se, na Educação Matemática, Duval (2002).
16. Use of GeoGebra in teaching and learning geometric transformation in school mathematics
Fundamental
Abordagem experimenta; pesquisa qualitativa; incluíram um pesquisador-testemunha; coletou dados por meio de interações responsivas e intuitivas; Uso de entrevistas e gravações. Usa a teoria da aprendizagem cognitiva de Bruner (1966) e a teoria da aprendizagem social de Vygotsky (1978).

Fonte: os autores (2023)

Acerca do nível de ensino, observamos que há estudos com o desenvolvimento de tecnologia digitais direcionada ao desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem matemática, de forma bem distribuída, da educação básica ao ensino superior. Os níveis de ensino da educação básica dos trabalhos analisados (Quadros 2 e 3), são os equivalentes aos do Brasil, país da RSL em questão, ou seja, fundamental (do 1º ao 9º ano) e Ensino Médio. Assim, possuem a seguinte distribuição quantitativa: Fundamental, 7 (sete) pesquisas, sendo uma delas (*Can interactive visualization tools engage and support pre-university students in exploring non-trivial mathematical concepts?*) também direciona ao Ensino Médio, Ensino Médio, 4 (quatro) trabalhos e superior com 4 (quatro) estudos. Apenas um (*Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry*) não deixa claro, relatando apenas que a maioria dos participantes são crianças em idade escolar. É perceptível que não há pesquisas com a educação infantil, considerando as crianças

pequenas (4 anos a 5 anos e 11 meses, conforme a Base Nacional Comum Curricular – BNCC) (BRASIL, 2018), uma vez que as crianças iniciam com 6 anos o Ensino Fundamental. Neste nível de ensino (Educação Infantil), em que não há pesquisas, considerando o período destacado da RSL em questão (2010 até fevereiro de 2023), bem como as bases utilizadas, as crianças, segundo a BNCC, podem:

Estabelecer relações de comparação entre objetos, observando suas propriedades; Observar e descrever mudanças em diferentes materiais, resultantes de ações sobre eles, em experimentos envolvendo fenômenos naturais e artificiais; Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação; Registrar observações, manipulações e medidas, usando múltiplas linguagens (desenho, registro por números ou escrita espontânea), em diferentes suportes; Classificar objetos e figuras de acordo com suas semelhanças e diferenças; Relacionar números às suas respectivas quantidades e identificar o antes, o depois e o entre em uma sequência; Expressar medidas (peso, altura etc.), construindo gráficos básicos. (BRASIL, 2018, p.51).

Ou seja, há um campo vasto para serem aplicadas as tecnologias digitais com a finalidade de desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem matemática dessa faixa etária.

Dentre as abordagens qualitativas e/ou quantitativas, empregadas pela maioria das pesquisas dispostas no Quadro 3, uma se diferencia das demais: a abordagem dos pesquisadores Jackson *et al.* (2019), é modelada na pedagogia construtivista e usa a programação de computadores como um laboratório para explorar o comportamento de um conceito específico sob investigação.

Há de se destacar o uso da estatística, para validação de dados relativos à aprendizagem como no trabalho de Zaranis e Baralis, (2015) que utilizou um programa de computador de análise estatística SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*), o teste *t* de amostra independente, o Teste de Levene para igualdade de variâncias, a análise da ANCOVA para determinar se o desempenho do grupo experimental era significativo em relação ao grupo de controle após a intervenção de ensino, além de testes *post hoc* de Bonferroni para indicar questões relativas ao desempenho matemático geral do grupo experimental, complementado com o teste de Shapiro-Wilk dos resíduos da ANOVA (que é uma análise de variância). Já na pesquisa de Abdullah *et al.* (2020) foram utilizado os testes MANOVA e de Levene.

Quanto aos métodos empregados, destacamos o método ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation*) por este ter sido adotado por mais de uma pesquisa (Wijaya *et al.* (2020) e Wahab *et al.*, (2017)), mostrando-se, pois, diferente dos métodos comuns utilizados pelos demais.

No tocante aos instrumentos de coleta de dados, percebe-se constante nos trabalhos, a utilização de questionário pré-teste, pós-tarefa, pós-teste, capturas de vídeo e tela de computador, entrevistas e observações. Diferencia-se apenas nas pesquisas de Cheng *et al.* (2015) e Medina *et al.* (2020) que adotaram o questionário autoelaborado e a escala Likert para coletar as opiniões dos alunos.

Com relação ao ambiente de aplicação de estudo, distanciando-se das salas de aula, a investigação intitulada *Math on a Sphere: Using Public Displays to Support Children's Creativity and Computational Thinking on 3D Surfaces* (HSI; EISENBERG, 2012), baseando-se na noção de um “museu construtivista” (HEIN, 1998), é realizada por meio de uma oficina durante um *Workshop* no *Lawrence Hall of Science*.

Respondendo ao questionamento sobre como fundamentam os estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem, constatamos que: Pereira *et al.* (2016) fundamentam sua pesquisa pela Teoria da Modificabilidade Cognitiva Estrutural (MCE) de Feuerstein, com aproximações aos estudos Interacionistas culturais e a ZDP de Vygotsky (2003); Jackson *et al.* (2019) usam a teoria APOS (ASIALA, *et al.*, 1997) na qual as estruturas mentais são Ação, Processo, Objeto e Esquema, a qual foi

desenvolvida como uma forma de descrever as construções mentais realizadas pelos alunos sobre um conceito; o estudo de Hsi e Eisenberg (2012) baseiam-se na noção de um “museu construtivista” de Hein (1998); Lindström e Gray (2018) embasam sua pesquisa na Teoria da Autodeterminação (RYAN; DECI, 2000), no conceito de assimilação de J. Piaget (1954) e nas Práticas de Pensamento em Matemática e Aprendizagem de Ciências (SCHOENFELD, 1998); Abdullah *et al.* (2020) trazem vários autores que tratam da motivação, entre eles, Dai e Sternberg (2004) tratam também da cognição; MOREIRA, *et al.* (2012) têm como fundamento a aprendizagem de Wertsch (1998), tratando da mediação como uma noção derivada da psicologia sociocultural vygotskiana, além de usar as teorias da gênese instrumental, desenvolvidas por Rabardel e Bourmaud (2003) e as concepção de cognição matemática de Jones (2000); Dahal *et al.* (2022) fundamentam sua pesquisa com a teoria da aprendizagem cognitiva de Bruner (1966) e a Teoria da Aprendizagem Social de Vygotsky (1978); Liang e Sedig (2010) trazem autores, como Duval (2002), na Educação Matemática, que corroboram os benefícios que as visualizações trazem para o raciocínio e a aprendizagem; a investigação de Wahab *et al.* (2017) é embasada pela Teoria de Pensamento Geométrico de Van Hiele (1984); assim como Bernard e Setiawan (2020) fazem referência à sua pesquisa com autores que tratam do desenvolvimento cognitivo na aprendizagem de conceitos relacionados à geometria.

Das 16 pesquisas selecionadas, 62,5% (10/16), foram embasadas teoricamente por alguma teoria de aprendizagem relacionada ao desenvolvimento cognitivo, enquanto que 37,5% (6/10), não reforçam suas pesquisas por meio desse tipo de teoria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de RSL foi essencial para alcançarmos o objetivo de responder aos questionamentos da pesquisa, onde, a partir da *string* (“*digital technolog**” OR “*information and communication technolog**” OR “*digital information and communication technolog**” OR “*softwar**” OR “*computer program**” OR “*applet**” OR “*virtual learning object*”) AND (“*cognitive development*” OR “*cognitive*” OR “*cognition*”) AND (“*math*” OR “*mathematics*” OR “*mathematical*”) AND (“*learning*” OR “*education*”) AND (“*student**”), foram obtidos 483 trabalhos, sendo Scopus, 374, *Web of Science*, 394, *IEEEExplore*, 224 e *ACM Digital Library*, 483. Com a utilização do *software* Parsival, foram detectados 40 artigos repetidos, ficando com os seguintes quantitativos de artigos por base: Scopus, 26, *Web of Science*, 41, *IEEEExplore*, 20 e *ACM Digital Library*, 11, um total de 98 que, após a aplicação dos critérios inclusão e exclusão, restaram apenas 16, sendo 03 da Scopus, 6 da *Web of Science*, 3 da *IEEEExplore* e 4 da *ACM Digital Library*, para leitura integral destes.

Assim, procedida a leitura completa e cuidadosa dos estudos, objetivando responder a pergunta de pesquisa “Quais as contribuições de pesquisas com tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática?”, elencamos os resultados no Quadro 2. De forma geral, é notório que em todos trabalhos selecionados, houve contribuições das tecnologias digitais para o desenvolvimento cognitivo de estudantes no processo de aprendizagem matemática.

Respondendo aos questionamentos secundários da pesquisa, dispostos no Quadro 3, temos que os trabalhos se diversificam entre jogos educacionais, *softwares* de geometria dinâmica (onde o *software* Geogebra é um dos mais utilizados), sistemas tutores inteligentes, uso de programação, plataformas *online*, e novos recursos tecnológicos como o uso de impressão 3D e realidade aumentada.

Entre os níveis de ensino elencados no Quadro 3, é visível a falta de pesquisas com a educação infantil, considerando as crianças pequenas (4 anos a 5 anos e 11 meses, conforme BNCC (BRASIL, 2018), uma vez que as crianças iniciam com 6 anos o Ensino Fundamental. Assim, considerando o período destacado da RSL em questão (2010 até fevereiro de 2023), bem como as bases utilizadas, mostra-se um campo em aberto para serem aplicadas as tecnologias digitais com a finalidade de desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem matemática nessa faixa etária.

Com relação às metodologias utilizadas no desenvolvimento das pesquisas, na qual os resultados estão dispostos no Quadro 3, bem como as considerações na sequência, chamamos a atenção para a utilização de métodos estatísticos, (*Statistical Product and Service Solutions* – SPSS -, teste *t*, Teste de Levene, ANCOVA, testes *post hoc* de Bonferroni, teste de Shapiro-Wilke e o teste MANOVA) para a análise de resultados de aprendizagens.

Quanto à fundamentação dos estudos do desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem (Quadro 3), observamos que das 16 pesquisas selecionadas, 62,5%, foram sustentadas teoricamente por alguma teoria de aprendizagem relacionada ao desenvolvimento cognitivo, ao passo que 37,5%, não embasam seus estudos por meio desse tipo de teoria.

Esperamos que esta Revisão Sistemática da Literatura possa contribuir, dentro dos fatos levantados, dispostos e evidenciados, à novas pesquisas no campo das tecnologias digitais que têm como propósito, o desenvolvimento cognitivo no processo de aprendizagem da matemática.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, Abdul H.; *et al.* **The effects of an inductive reasoning learning strategy assisted by the GeoGebra software on students' motivation for the functional Graph II Topic.** IEEE Access, 2020. v. 8, p. 143848–143861.

ASIALA, Mark E.; *et al.* **A framework for research and curriculum development in undergraduate mathematics education.** Maa Notes, pages 37–54, 1997.

BERNARD, Musafiri P.; SETIAWAN, Widia. **Development of geometry analysis using Geogebra scripting in terms of student cognitive capabilities.** Journal of Physics: Conference Series, 1 abr. 2020. v. 1521, n. 3, p. 032103.

BOWN, Matt J.; SUTTON, Alex J. **Quality control in systematic reviews and meta-analyses.** In: European Society for Vascular Surgery, p. 669-677, 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20732826/>>. Acesso em: mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRINER, Rob B.; DENYER, David. **Systematic review and evidence synthesis as a practice and scholarship Tool.** Handbook of Evidence-based Management: Companies, Classrooms and Research, p. 112e129. 2012.

BRUNER, Jerome S. **From communication to language – a psychological perspective.** Cognition, 3(3), 255–287, 1966. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(74\)90012-2](https://doi.org/10.1016/0010-0277(74)90012-2).

CHEN, Lianping; BABAR, Muhammad A.; ZHANG, He. **Towards an evidence-based understanding of electronic data sources**. In: Proceedings of the 14th international conference on evaluation and assessment in software engineering, 2010. British Computer Society, Swinton, p. 135–138.

CHENG, Hercy N. H. *et al.* **Math detective: digital game-based mathematical error detection, correction and explanation**. Anais eletrônicos. Hualien, Taiwan: IEEE, 2015. p. 122–126. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7265284/>>. Acesso em: 4 mar. 2023.

CHRISTOVÃO, Monclar N. *et al.* **Revisão sistemática de literatura (RSL) acerca de modelos matemáticos de previsão de demanda de energia elétrica**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. 17 out. 2022. v. 3, n. 10, p. e3102031–e3102031.

DUVAL, Raymond. **Representation, vision, and visualization: cognitive functions in mathematical thinking**. In Proceedings of Twenty-Fourth annual meeting of the North American chapter of the international group for the psychology of mathematics education 2002, Athens, GA, USA, ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education (p. 311-335). 2002.

DAHAL, Niroj; *et al.* **Use of GeoGebra in teaching and learning geometric transformation in school mathematics**. International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM), 26 abr. 2022. v. 16, n. 08, p. 65–78. Disponível em: <<https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/29575>>. Acesso em: mar. 2023.

DAI, Dai Y.; STERNBERG, Robert J. Eds., **Motivation, emotion, and cognition: integrative perspectives on intellectual functioning and development**. Evanston, IL, USA: Routledge, 2004.

DENYER, David., TRANFIELD, David. **Producing a systematic review**. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), The SAGE handbook of organizational research methods (p. 671–689). London: Sage Publications Ltd. 2009.

DERMEVAL, Diego; BITTENCOURT, Ig I. **Mapeamento sistemático e revisão sistemática da literatura em informática na educação**. [s.d.]. disponível em: < https://metodologia.ceie-br.org/wp-content/uploads/2019/11/livro2_cap3.pdf>. Acesso em: fev. 2023.

DRISCOLL, Marcy P. **Psychology of learning and instruction**. Boston, USA: Allyn and Bacon, 1995. 409 p.

FIGUEIRÓ, Paola S., RAUFFLET, Emmanuel. **Sustainability in higher education: A systematic review with focus on management education**. p. 22–33, 2015. doi:10.1016/j.jclepro.2015.04.118

GARTON, Alison F. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale, USA: Lawrence Erlbaum, 1992.

GOUGH, David; OLIVER, Sandy; THOMAS, James. **An introduction to systematic reviews**; SAGE: London, UK, 2012.

HEIN, George E. **Learning in the Museum**. Routledge.1998.

HERRERA, Linda Margarita M.; GLAROS, Diamandina; ABALO, Marlen A. **MATHPOL: Development of mathematical competencies in engineering students using Project-Oriented Learning**. Em: 2020 V INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENGINEERING EDUCATION (INFORINO), 2020, Moscow, Russia. Anais

eletrônicos. Moscow, Russia: IEEE, 2020. p. 1–5. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9111856/>. Acesso em: mar. 2023.

HILGARD, Ernest R. **Teorias da aprendizagem**. 2. ed., 4. reimp. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1973.

HILL, Winfred F. **Learning: a survey of psychological interpretations**. 5th ed. New York: Harper Collins Publishers Inc., 1990.

HSI, Sherry; EISENBERG, Michael. **Math on a sphere: using public displays to support children's creativity and computational thinking on 3D surfaces**. *Em: IDC '12: THE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERACTION DESIGN AND CHILDREN*, 2012, Bremen Germany. **Anais eletrônicos...** Bremen Germany: ACM, 2012. p. 248–251. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2307096.2307137>. Acesso em: mar. 2023.

HULLEY, Stephen B.; *et al.* **Delineando a pesquisa clínica-4**. Porto Alegre: Artmed, 2015.

JACKSON, Jay L. *et al.* **Improving abstraction through Python programming in undergraduate computer science and math classes**. 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/289189314.pdf#page=40>. Acesso em: mar. 2023.

JONES, Keith. **Providing a foundation for deductive reasoning: students' interpretations when using dynamic geometry software and their evolving mathematical explanations**. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1-3), p. 55-85. 2000.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

KOLB, David A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1984.

LEFRANÇOIS, Guy R. **Psychological theories and human learning**. 2nd ed. Monterey: Cal, Brooks/Cole Publishing Company, 1982.

LEVY, Yai; ELLIS, Timothy J. **A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research**. *Informing Science Journal*, Nova Southeastern University, Flórida, Estados Unidos, v. 9, p. 181–212, 2006. Disponível em: <https://www.cs.ryerson.ca/aferworn/courses/CP8101/CLASSES/ConductingLiteratureReview.pdf>. Acesso em: mar. 2023.

LIANG, Hai-Ning; SEDIG, Kamran. **Can interactive visualization tools engage and support pre-university students in exploring non-trivial mathematical concepts?** *Computers & Education*, maio. 2010. v. 54, n. 4, p. 972–991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131509002772>. Acesso em: mar. 2023.

LINDSTRØM, Christine; GRAY, James. **Pre-service teachers' experience with Khan Academy in introductory physics**. *Em: 2017 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE*, 2018, Cincinnati, OH. **Anais eletrônicos**. Cincinnati, OH: American Association of Physics Teachers, 2018. p. 248–251. Disponível em: <https://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=14617>. Acesso em: mar. 2023.

MACLURE, Katie; PAUDYAL, Vibhu; STEWART, Derek. **Reviewing the literature, how systematic is systematic?** March 2016. DOI 10.1007/s11096-016-0288-3

MARZANO, Robert J.; PICKERING, Debra J. **Dimension of learning: teacher's manuals**, 2ª ed. Moorabbin, Australia: Hawker Brownlow, 1988. Disponível em: <http://_les.hbe.com.au/samplepages/197133.pdf>. Acesso em mar. 202.

MEYER, Bertrand. **Object-oriented software construction**. 2. ed. New York: Prentice hall, 1988. 1254 p. MOREIRA, Marco A. **Teorias de aprendizagem**. 3ª. ed. ampl. [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2023.

MORERA, Laura; FORTUNY, Josep M.; PLANAS, Núria. **Momentos clave en el aprendizaje de isometrías en un entorno colaborativo y tecnológico**. Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, 28 fev. 2012. v. 30, n. 1, p. 143–154. Disponível em: <<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/252567/391076>>. Acesso em: mar. 2023.

NEVES, Regiane S. **Desenvolvimento educacional: um olhar psicopedagógico para os problemas de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: Clube de Autores, 2017.

PEREIRA, Adalberto B. C.; SILVA, Flavio S. C.; PICONEZ, Stela C. B. **Mathematics experiences: pedagogical implications with the use of digital games, m-learning and social networks**. IN: 2016 XI LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING OBJECTS AND TECHNOLOGY (LACLO), 2016, San Carlos. Anais eletrônicos. San Carlos: IEEE, 2016. p. 1–9. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7751757/>>. Acesso em: 4 mar. 2023.

RABARDEL, Pierre; BOURMAUD, Gaëtan. **From computer to instrument system: a developmental perspective**. *Interacting with Computers*, 15, p. 665-691. 2003.

RAMOS, Altina.; FARIA, Paulo M.; FARIA, Ádila. **Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação**. *Revista Diálogo Educacional*, 12 jul. 2014. v. 14, n. 41, p. 17. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1891/189130424002.pdf>>. Acesso em: mar. 2023.

RAVINDRAN, Vinod., SHANKAR, Subramanian. **Systematic reviews and meta-analysis demystified**. *Indian J. Rheumatol.* 10, 89–94. 2015.

RUAN, Sherry; *et al.* **Supporting children's math learning with feedback-augmented narrative technology**. In: IDC'20 Interaction Design and Children, June 21–24, 2020, London, UK. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3392063.3394400>>. Acesso em: mar. 2023.

RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. *Contemp. Educ. Psych.* 25, 54. 2000.

SHIMOMURA, Yayoi; HVANNBERG, Ebba. T.; HAFSTEINSSON, Hjalmtyr. **Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry**. *Universal Access in the Information Society*, jun. 2013. v. 12, n. 2, p. 125–142.

SCHOENFELD, Alan H. **Thinking practices in mathematics and science learning**. edited by J. G. Greeno and S. V. Gold-man (Routledge, New York and London, 1998).

SJÖSTRÖM, Calle. **Non-visual haptic interaction design - guidelines and applications**. vol. Certec, Ph.D. Lund University, Lund. 2002.

SOUZA, Olívia B. **O que todo educador precisa saber sobre desenvolvimento cognitivo**. 2021. Disponível em: <<https://poseducacao.unisinos.br/blog/desenvolvimento-cognitivo#cognicao>>. Acesso em: fev. 2023.

TIBERGUIEN, Guy. **Dicionário de ciências cognitivas**. Lisboa/Portugal: Edições 70, 2007.

VAN HIELE-GELDOF, Dina. **Didactics of geometry as learning process for adults**. In: FUYS, D.; GEDDES, D.; TISCHLER, R. (ed.). School of Education. English translation of selected writings of Dina van Hiele-Geldof and Pierre M. Van Hiele. Brooklyn: Ed. ERIC, 1984. p. 215-233.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. 2. ed. brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, Lev. S. **Interaction between learning and development. Studying on the development of children**, 23(3), 34–41, 1978.

WAHAB, Rohani A.; *et al.* **Evaluation by experts and designated users on the learning strategy using SketchUp make for elevating visual spatial skills and geometry thinking**. Bolema: Boletim de Educação Matemática, ago. 2017. v. 31, n. 58, p. 819–840. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bolema/a/GpSKVYqvFLHrLxfTGtKCqxb/abstract/?lang=en>>. Acesso em: marc. 2023.

WELLS, Gordon. **De la adivinación a la predicción: discurso progresivo en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia**, en Coll, C. y Edwards, D. (eds.). Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: aproximaciones al estudio del discurso educacional, p. 75-98. Madrid: I&A. 1996.

WERTSCH, James.V. **Mind as action**. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.1998.

WIJAYA, Tommy. T.; YING, Zhou.; PURNAMA, Aditya. **Using Hawgent Dynamic Mathematic software in teaching trigonometry**. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 1 jun. 2020. v. 15, n. 10, p. 215–222. Disponível em: <<https://online-journals.org/index.php/ijet/article/view/13099>>. Acesso em: mar. 2023.

ZARANIS, Nicholas; BARALIS, Georgios. **A pilot project comparing the effectiveness of using ICT for teaching addition and subtraction with first grade students**. *Em: THE THE INTERNATIONAL CONFERENCE*, 2015, Istanbul, Turkey. Anais eletrônicos. Istanbul, Turkey: ACM Press, 2015. p. 1–6. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2832987.2832995>>. Acesso em: mar. 2023.

CONTRIBUIÇÃO DAS/DOS AUTORES/AS (especificar cada contribuição, de acordo com as normas da revista: CRedit (Contributor Roles Taxonomy) que é mantido pelo [Consortia for Advancing Standards in Research Administration Information](#) (CASRAI) Exemplos abaixo:

Autor 1 – Idealização, pesquisa, coleta, análise, conclusão e escrita.

Autor 2 – Correção textual e padronização das normas.

Autor 3 – Colaboração na pesquisa, revisão textual e traduções dos resumos.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.