

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIELLE NUNES DOS SANTOS

**PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÁLGEBRA LINEAR NO
ENSINO SUPERIOR PERMEADO PELO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE PESQUISAS BRASILEIRAS**

**Itaqui
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S237p Santos, Gabrielle Nunes dos
Processo de Ensino e Aprendizagem de Álgebra
Linear no Ensino Superior permeado pelo uso de
Tecnologias Digitais: Uma revisão sistemática de
pesquisas brasileiras / Gabrielle Nunes dos Santos.
25 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, ESPECIALIZAÇÃO EM
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA, 2021.
"Orientação: Fabiane Flores Penteado Galafassi ".

1. Álgebra Linear. 2. Tecnologias Digitais. 3.
Registros de Representação Semiótica. 4. Revisão
Sistemática. I. Título.

PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ÁLGEBRA LINEAR NO ENSINO SUPERIOR PERMEADO PELO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE PESQUISAS BRASILEIRAS

Gabrielle Nunes dos Santos¹

Fabiane Flores Penteado Galafassi²

Cristiano Galafassi³

Maria Arlita da Silveira Soares⁴

Resumo. A presente pesquisa teve como objetivo investigar quais são as potencialidades, e/ou os entraves, do uso de tecnologias digitais⁵ no processo de ensino e de aprendizagem de Álgebra Linear no Ensino Superior. Como referencial teórico, adota-se a teoria dos Registros de Representação Semiótica. Trata-se de uma pesquisa de caráter qualitativo definida como uma revisão sistemática, conforme Kitchenham. A pesquisa foi realizada no âmbito nacional em periódicos brasileiros disponíveis online, os quais possuíam Qualis Capes acima de B2 na área da Educação dos últimos 10 anos. Como resultados, aponta-se, em especial que o uso de tecnologias digitais apresenta potencialidades como comunicação em língua natural entre os agentes envolvidos no processo de ensino e aprendizagem, os registros de representações semióticas fazem parte desta comunicação, como também, a compreensão de conceitos matemáticos inicia-se através do registro de representação em língua natural relacionando-se com os demais registros de representação da Matemática, como entraves, foi identificada a falta de utilização recursos matemáticos, além da necessidade de recursos tecnológicos digitais que possibilitem o trabalho simultâneo entre professores e acadêmicos, visando a exploração e mobilização dos diferentes registros de representação semiótica pelos estudantes.

Palavras-chaves: Álgebra Linear. Tecnologias Digitais. Registros de Representação Semiótica. Revisão Sistemática.

¹ Pós-graduanda do Curso de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade Federal do Pampa. E-mail: gabrielledossantos15@gmail.com

² Orientadora do trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Pampa. E-mail: fabianegalafassi@unipampa.edu.br

³ Membro da banca avaliadora – Universidade Federal do Pampa. E-mail: cristianogalafassi@unipampa.edu.br

⁴ Membro da banca avaliadora – Universidade Federal do Pampa. E-mail: mariasoares@unipampa.edu.br

⁵ O termo “tecnologias digitais”, segundo Borba, Scucuglia e Ganadis (2020) era comumente utilizado na quarta fase das tecnologias digitais em Educação Matemática, dominada pelos autores como a fase iniciada após o advento da internet rápida em 2004, sendo caracterizada pelo uso de computadores, celulares, internet, vídeos digitais, softwares, aplicativos, ambientes virtuais de aprendizagem, redes sociais, dentre outros meios (BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDS, 2020).

Abstract. This research aimed to investigate the potentialities, and/or obstacles, of the use of digital technologies in the process of teaching and learning Linear Algebra in Higher Education. As a theoretical framework, the theory of semiotic representation records is adopted. This is a qualitative research defined as a systematic review according to Kitchenham. The research was conducted nationwide in Brazilian journals available online, which had Qualis Capes above the Stratum of B2 in the area of Education of the last 10 years. As results, it is pointed out, in particular, that the use of digital technologies has potentials as communication in natural language among the agents involved in the teaching and learning process, the records of semiotic representations are part of this communication, as well as, the understanding of mathematical concepts begins through the record of representation in natural language relating to the other records of representation of mathematics, the lack of use of mathematical resources has been identified, in addition to the need for digital technological resources that enable simultaneous work between teachers and academics, exploration and mobilization of the different records of semiotic representation by students.

Keywords: Linear algebra. Digital Technologies. Records of Semiotic Representation. Systematic review.

1. Introdução

Inicialmente, é importante salientar que o componente curricular de Álgebra Linear faz parte da matriz curricular de cursos de diferentes áreas. Além de Matemática, tem-se, por exemplo, Física, Engenharia, Economia, Administração, Estatística, Pesquisa Operacional, Informática e Ciências da Computação (CELESTINO, 2000; GRANDE, 2006). Isso associa-se a correlação entre os conceitos de Álgebra Linear e a geometria, assim como, a aplicabilidade desses conceitos em outras áreas do conhecimento. No entanto, o que se destaca nas pesquisas no âmbito da área de Educação Matemática (KARRER, 2006; FRANÇA, 2007; ANDRADE 2010) são as dificuldades que os acadêmicos enfrentam no processo de ensino e aprendizagem de conceitos como: Sistemas Lineares, Matrizes e Transformações Lineares, dentre outros.

Por esse motivo, a autora desta pesquisa iniciou em 2017, em seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de graduação, um estudo envolvendo os livros-textos de Álgebra Linear, utilizados nas instituições de Ensino Superior brasileiras, tendo por objetivo analisar os encaminhamentos dados pelos livros-textos de Álgebra Linear do Ensino Superior quanto ao ensino de Sistemas Lineares, Matrizes e Determinantes. A análise utilizou-se de alguns

pressupostos da teoria dos Registros de Representação Semiótica (RRS)⁶, em particular, as transformações cognitivas de tratamento e conversão. Os livros-texto analisados foram o livro Álgebra Linear de José Luiz Boldrini et al., 3ª edição, de 1980 (livro A) e o livro Álgebra linear com aplicações de Howard Anton e Chris Rorres, 10ª edição⁷, de 2012 (livro B).

A partir desta análise pode compreender a maneira como conceitos são apresentados, nesses materiais, e como isso pode influenciar o modo como as transformações cognitivas são propostas aos estudantes em sala de aula e a forma como estes mobilizam e articulam os registros de representação semiótica, necessários à resolução de problemas. Além disso, considera-se que a investigação de como os livros-textos apresentam conceitos matemáticos pode contribuir para identificar e compreender dificuldades geradas no processo de ensino. Tais entendimentos e os resultados da investigação supracitada contribuíram para a primeira autora, deste artigo, decidir a problemática de sua pesquisa de mestrado, a qual teve por objetivo mapear os entendimentos de acadêmicos do Ensino Superior sobre Sistemas Lineares sob a ótica dos Registros de Representação Semiótica. Possibilitando estabelecer relações com os resultados obtidos no estudo dos livros-texto e o que foi apresentado pelos discentes ao realizarem uma sequência de atividades sobre Sistemas Lineares e abordando tratamento e conversões em diferentes registros de representação semiótica.

Durante os estudos acima citados, e nas suas revisões bibliográficas encontraram-se pesquisas que apresentavam maneiras encontradas por professores/pesquisadores, para contornar algumas dessas dificuldades no ensino e aprendizagem de Álgebra Linear, que seria a inserção de tecnologias digitais, tais como softwares de Matemática Dinâmica, como por exemplo o GeoGebra, que possibilita aos acadêmicos trabalharem, simultaneamente, com diferentes registros de representação (algébrico, matricial, gráfico, figural) dos objetos de Álgebra Linear. Uma das lacunas percebidas no TCC da autora deste

⁶ Pressupostos dessa teoria serão expostos no próximo tópico do texto.

⁷ Optou-se por analisar a 10ª ed., pois era a única que foi possível ter acesso à versão impressa

texto, na análise dos livros-texto, foi a falta de atividades que explorassem outros registros de representação, além do registro de representação algébrico.

Afim de identificar mais estudos que abordavam o processo de ensino e aprendizagem de Álgebra Linear e o uso de tecnologias digitais, foi realizado um mapeamento envolvendo teses e dissertações na biblioteca digital brasileira de teses e dissertações⁸. Encontraram-se às pesquisas de dissertação de França (2007) e Andrade (2010) e as teses de Karrer (2006), Silva (2015) e Kripka (2018) em função de suas escolhas teóricas, fontes de produção de dados e conteúdo de Álgebra Linear explorado.

França (2007, p. 12) analisou “contribuições do uso da Geometria Dinâmica na compreensão de conceitos fundamentais de Álgebra Linear, tais como vetores e coordenadas, dependência linear, base e transformações lineares”. Para tal, fez uso do ambiente Cabri-Géomètre⁹, no qual participaram do experimento discentes da Licenciatura em Matemática que já estavam familiarizados com o uso do *software* e suas ferramentas. No decorrer dos encontros, constatou-se facilidade na mobilização do registro de representação algébrica, entretanto, foram identificadas dificuldades na realização das tarefas devido à falta de conhecimentos-prévios sobre os conceitos. O trabalho com o *software*, segundo a autora, contribui para a elaboração de conjecturas, a validação experimental das hipóteses e estratégias levantadas durante a resolução das atividades devido a dinamicidade oportunizada pelo software, pela rapidez na construção/desconstrução de representações matemáticas e simultaneidade das diversas representações matemáticas.

O objetivo de Andrade (2010) foi analisar os requisitos necessários ao desenvolvimento de softwares educativos¹⁰ que amparassem a aprendizagem à distância de objetos de dependência linear, pertencentes à Álgebra Linear. O

⁸ Disponível em :< <https://bdtd.ibict.br/>>

⁹ O Cabri-Géomètre foi desenvolvido pelo Institut d'Informatique et de Mathematiques Appliquees em Grenoble (IMAG). Trata-se de um *software* de construção utilizando a “régua e compasso eletrônicos” onde os objetos geométricos são construídos a partir das suas propriedades. O site do Cabri não se encontra disponível, mas é possível realizar o download online através de outras plataformas.

¹⁰ A pesquisadora criou o seu próprio protótipo de um *software* educativo, no entanto, não foi disponibilizado o acesso para ele. Para mais informações acesse: < <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/4038>>

protótipo criado possuiu características de *software* colaborativo de geometria dinâmica com ferramentas específicas para a aprendizagem de vetores, dependentes ou independentes, sendo possível a manipulação direta dos vetores e de botões de adicionar e multiplicar os vetores por escalares, por exemplo. Apesar da elaboração do protótipo ter levado em conta as especificidades do contexto e dos objetos do estudo, a validação do protótipo mostrou que o uso desse sistema favoreceu a compreensão informal dos objetos, identificou-se a presença de dificuldades referente à manipulação das representações dos objetos e à comunicação necessária para a aprendizagem no contexto da Educação a Distância (EaD).

Karrer (2006) desenvolveu, com um grupo de acadêmicos do curso de Engenharia da Computação, uma sequência de ensino para a aprendizagem de transformações lineares, destacando a articulação entre geometria e álgebra. O desenvolvimento da sequência de ensino potencializou aos acadêmicos a ampliação do conhecimento sobre transformações lineares, além de ampliar o domínio das representações semióticas e a realização de conversões. Nesse contexto, o *software*¹¹ utilizado teve o papel de auxiliar os discentes a explorarem situações apresentadas e transitar entre as representações algébricas, gráficas e tabular, além de ser uma ferramenta de apoio para o estabelecimento de conjecturas.

A pesquisa de Silva (2015) teve por objetivo investigar se uma sequência baseada na teoria das situações didáticas, utilizando o *software* GeoGebra¹², propicia aos discentes do curso de Licenciatura em Matemática a construção do conceito de transformações lineares. Como conclusão acerca da utilização do recurso digital, essa promoveu um avanço na percepção e compreensão dos conceitos de transformações lineares. No entanto, os acadêmicos apresentaram dificuldades na formalização de conceitos por meio da investigação realizada com o *software*. Ademais, o GeoGebra como mediador da aprendizagem,

¹¹Foi explorado o uso do software Cabri-Géomètre, mesmo software utilizado por França (2007).

¹² O software GeoGebra, é gratuito, reúne recursos de geometria, álgebra, tabelas, gráficos, probabilidade, estatística e cálculos simbólicos em um único ambiente. Disponível em <<http://www.geogebra.org>>

possibilitou a construção de conjecturas, assim como, os discentes demonstraram maior interação e envolvimento nas atividades.

Kripka (2018) buscou identificar as potencialidades e fragilidades percebidas pelos discentes e pela docente de Álgebra Linear sobre o uso de tecnologias digitais nas tarefas propostas. Participaram deste estudo três turmas de Álgebra Linear do curso de Engenharia Civil. Destas, duas fizeram uso de tecnologias digitais¹³ em todas as tarefas e uma utilizou tais tecnologias em apenas uma tarefa. Um dos pontos levantados pela autora diz respeito à dificuldade dos discentes em expressar-se utilizando o registro de língua natural, pois faltava na hora da escrita clareza ao relatar os procedimentos utilizados e nas justificativas para as respostas apresentadas. O uso das tecnologias digitais influenciou nos momentos de aprendizagem, pois exigiam que os estudantes tivessem o entendimento necessário sobre o objeto de estudo para transitar entre os diferentes registros semióticos.

A partir das pesquisas supracitadas, foi possível destacar que a utilização de tecnologias digitais, pode contribuir na aprendizagem dos conteúdos de Álgebra Linear, pois permitem a mobilização e coordenação entre representações em diferentes registros. À exemplo, representação algébrica para a gráfica e vice-versa, assim como, a possibilidade de manipular um mesmo objeto utilizando a representação gráfica, geométrica, algébrica, tabular, entre outras, simultaneamente (KARRER, 2006;). Outro ponto exposto por Karrer (2006), referente ao uso de softwares de Matemática Dinâmica destaca que esses recursos podem “fornecer elementos para o estudante estabelecer conjecturas e validá-las experimentalmente, o que pode favorecer o entendimento de certos aspectos matemáticos” (KARRER, 2006, p. 11).

Dito isso, busca-se responder a seguinte questão de pesquisa: Quais são as potencialidades, e/ou os entraves, do emprego de tecnologias digitais no processo de ensino e de aprendizagem de Álgebra Linear no Ensino Superior?

¹³ As tecnologias digitais utilizadas foram o *software* GeoGebra (informações na nota acima), o Matlab que é um software voltado para o cálculo numérico, englobando recursos numéricos, algébricos, gráficos e programação. Pode ser encontrado no link <https://www.mathworks.com/products/matlab/getting-started.html>. Foi utilizado o trabalho com planilhas do Excel, que é um programa da Microsoft que permite criar planilhas, planilhas financeiras, gráficos, dentre outros. Disponível em: <https://www.office.com/?trysignin=0>

Para tanto, o objetivo geral desta pesquisa é investigar, em artigos encontrados em periódicos brasileiros com Qualis Capes acima de B2 na área da Educação dos últimos 10 anos, quais são as potencialidades, e/ou os entraves, do uso de tecnologias digitais no processo de ensino e de aprendizagem de Álgebra Linear no Ensino Superior.

Ao continuar a leitura, na sequência, é apresentado o conceito teórico sobre o ensino de conceitos de Álgebra Linear utilizando a Teoria dos Registros de Representação Semiótica. Em seguida apresenta-se os aspectos metodológicos da pesquisa, a análise dos dados, finalizando com as considerações finais e as referências utilizadas.

2. Alguns aspectos sobre a Teoria dos Registros de Representação Semiótica atrelada ao uso de tecnologias digitais em Álgebra Linear

Constatou-se que pesquisas sobre conteúdos de Álgebra Linear, mencionadas na seção anterior, recorreram à teoria dos Registros de Representação Semiótica, principalmente, no que se refere aos aspectos específicos¹⁴ do trabalho exigido pela Matemática. Esta teoria foi escrita pelo pesquisador francês Raymond Duval e publicada pela primeira vez em 1995, trata-se de uma teoria cognitivista, referente ao desenvolvimento cognitivo do pensamento matemático e à influência dos Registros de Representação Semiótica neste desenvolvimento. Por esse motivo, apresenta grandes contribuições para a área da Educação Matemática. Segundo Brandt e Moretti (2014, p. 24), Duval “contribui com reflexões sobre o funcionamento cognitivo do pensamento humano na aprendizagem matemática”, associando os registros de representação semiótica com as atividades de apreensão conceitual.

O que seriam, então, para Duval (1993 apud GRANDE, 2006, p. 63), as representações semióticas? Estas representações são “produções constituídas pelo emprego de signos pertencentes a um sistema de representação os quais têm suas dificuldades próprias de significado e funcionamento”. São exemplos

¹⁴ Só ser possível acessar os objetos matemáticos por meio de suas representações semióticas, e o mesmo objeto ter mais de um tipo de registro de representação.

de registros de representações semióticas da Matemática: língua natural, linguagem formal, escrita algébrica, gráficos cartesianos, figuras.

Conforme Duval (2013), o que diferencia a Matemática das demais áreas do conhecimento está no fato de que não existe acesso aos objetos matemáticos sem utilizar suas representações. Em áreas como Física, Química e Biologia, os objetos podem ser acessados por meio de instrumentos (por exemplo, microscópios), ou seja, não é preciso realizar uma atividade de produção semiótica como na Matemática.

Outro ponto, destacado pelo pesquisador, é que para cada objeto matemático existe uma variedade dessas representações. Assim, segundo Duval (2013, p. 15), “as dificuldades de aprendizagem dos conceitos matemáticos não estão relacionadas aos mesmos, mas sim à variedade de representações semióticas utilizadas e o uso ‘confuso que fazem delas’”. Isso gera o que Duval (2009, 2011, 2012, 2013) denomina como Paradoxo Cognitivo da Matemática: como não confundir o objeto matemático com a sua representação semiótica se só se tem acesso a eles por meio delas? (Duval, 2013).

É fundamental não

confundir os objetos matemáticos, como os números, as funções, as retas, etc., com suas representações, quer dizer, as escrituras decimais ou fracionárias, os símbolos, os gráficos, os traçados de figuras [...] porque um mesmo objeto matemático pode ser dado através de representações muito diferentes (DUVAL, 2009, p. 14).

Para tanto, é necessário que os acadêmicos sejam apresentados a essas diferentes representações, além de serem capazes de reconhecer que elas representam um mesmo conteúdo. É importante que na realização de uma atividade matemática, o discente possa e consiga mobilizar diferentes registros de representação semiótica (figuras, gráficos, escrituras simbólicas, língua natural, ...), bem como saiba qual registro pode ser utilizado ao invés de outro para que o tratamento envolva um número reduzido de etapas e a atividade seja resolvida (DUVAL, 2012).

A atividade matemática, para Duval (2009, 2012, 2013), é constituída por dois tipos de transformações, a saber: tratamento e conversão. Atualmente, o

autor chama essas transformações de “gestos intelectuais específicos em qualquer atividade matemática” (DUVAL, 2013, p. 16). “Um tratamento é uma **transformação de representação interna a um registro** de representação ou a um sistema” (DUVAL, 2009, p. 57, grifos do autor), no qual cada registro de representação possuiu regras específicas a serem seguidas para a realização do tratamento. “A conversão é então uma **transformação externa em relação ao registro de representação de partida**” (DUVAL, 2009, p. 58-59, grifos do autor), ou seja, há uma mudança da representação de partida, para uma representação em outro registro (HENRIQUES; ALMOULOU, 2016), o registro de chegada.

O uso de tecnologias digitais auxilia no trabalho com atividades que envolvam o movimento de conversão, além de possibilitar a mobilização diferentes registros de representação semiótica, assim como, investigar as especificidades de cada registro.

Nesse contexto, referente ao uso de tecnologias digitais, Duval (2013, p. 32) destaca que “o mais fascinante é o poder de visualização que eles oferecem em todas as áreas”. E vão além de serem apenas instrumentos de cálculos, mas, também, tem a “função de simulação e de modelagem que ultrapassa tudo o que podemos imaginar mentalmente ou realizar de modo gráfico-manual” (DUVAL, 2013, p. 13).

Para Duval (2013) além de permitirem a construção de figura, os softwares possibilitam a exploração da transformação de figuras pelo deslocamento de um ponto, segmento, etc., como também, proporciona a experimentação de relações e propriedades geométricas dos objetos de estudo. Além disso, para o autor

Os computadores não constituem um novo registro de representação. E isso por uma razão simples: as representações que eles exibem são as mesmas que aquelas produzidas graficamente no papel para uma apreensão visual. [...] No entanto, eles constituem um modo fenomenológico de produção radicalmente novo, fundamentado na aceleração dos tratamentos. Eles exibem no monitor tão rapidamente quanto à produção mental, mas com uma potência de tratamento ilimitada em comparação com as possibilidades da modalidade gráfico-visual. Obtemos, imediatamente, muito mais que tudo o que poderíamos obter à mão livre após, talvez, vários dias de escritas e cálculos ou construção de figuras (DUVAL, 2011, p. 137)

Essas vantagens são percebidas, também, no uso de softwares que como o *Cabri-Géomètre*, Matlab e o *GeoGebra*¹⁵ citados e utilizados no ensino de conceitos de Álgebra Linear, que são softwares de geometria dinâmica, cálculo numérico e programação, e Matemática Dinâmica, pois há a possibilidade de manipular um mesmo objeto utilizando a representação, gráfica, geométrica, algébrica, tabular, etc., simultaneamente, possuindo comandos intuitivos, que facilitam a manipulação por parte do usuário. Além disso, quando os conceitos algébricos são mobilizados pelos estudantes, auxiliados pelas representações obtidas por meio do uso de tecnologias digitais, os estudantes em qualquer etapa de ensino podem investigar e produzir conjecturas que irão facilitar o trabalho envolvendo o tratamento na representação algébrica (GOLDENBERG, 2000).

Na sequência, são expostos os aspectos metodológicos desta pesquisa.

3. Metodologia

A pesquisa segue uma abordagem qualitativa. Conforme Borba e Araújo (2004), este tipo de pesquisa é indicado para estudos que priorizam entender, interpretar e problematizar os dados obtidos, visando analisar as percepções, através de discursos e linguagens. Ademais, trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Conforme Kitchenham (2007), a RSL é uma forma de identificar, avaliar e interpretar os resultados disponibilizados em uma pesquisa, relacionados a uma ou mais questões de pesquisa, tópico, área ou fenômeno. Além disso, uma das razões para realizar-se uma revisão sistemática é a de encontrar estudos que possibilitem investigar, evidenciar as potencialidades, benefícios e limitações do uso de tecnologias.

Esta pesquisa seguiu os passos propostos por Kitchenham (2007). São eles:

- (a) planejamento da pesquisa;
- (b) seleção de estudos primários;
- (c) avaliação da qualidade;
- (d) extração de dados; e
- (e) análise dos resultados.

¹⁵ Softwares utilizados nas pesquisas apresentadas na introdução.

Durante a fase (a) de planejamento da pesquisa foram definidas as questões de: pesquisa, o objetivo (apresentados na introdução), o processo de busca, as bases onde foram realizadas as buscas, os critérios de inclusão e exclusão, e por fim, os critérios de qualidade, os quais são apresentados de forma detalhada na sequência.

A construção do processo de busca segundo Kitchenham (2007), leva em conta, sinônimos, abreviaturas e palavras similares que remetem ao termo principal buscado. Nesta pesquisa, estendeu-se a um conjunto de termos diferentes relacionados ao processo de ensino e aprendizagem de Álgebra Linear e o uso de tecnologias digitais, a fim de ampliar a busca por estudos relacionados ao tema de pesquisa.

No Quadro 1 são apresentados a organização do processo de busca, contendo os termos principais e os termos sinônimos.

Quadro 1: Organização do processo de busca

Id	Termo principal	Termos sinônimos
1	Álgebra Linear	Ensino de Álgebra Linear Aprendizagem de Álgebra Linear
2	Tecnologias Digitais	<i>Software</i> , Ferramenta, Aplicativo, Sistema, Ambiente Virtual, Sistema Tutor Inteligente, Tecnologia de Informação e Comunicação

Fonte: Elaborado pela autora em 2019.

A construção do processo de busca é baseada no uso dos conectores OR (ou) e AND (e), estabelecendo ligações entre os termos de busca. Neste estudo, organizou-se da seguinte maneira: “(ensino OR aprendizagem) AND álgebra linear AND (*software* OR ferramenta OR aplicativo OR sistema OR ambiente virtual OR sistema tutor inteligente OR tecnologia de informação e comunicação)”.

A base de busca onde foi realizada a seleção dos estudos foram periódicos brasileiros, disponíveis *online*, com Qualis Capes acima de B2 na área da Educação (na avaliação realizada em 2013-2016), os quais possuísem em seu título os termos: Educação ou Educação Matemática ou Matemática, a fim de selecionar periódicos que contivessem pesquisas voltadas ao processo de

ensino e aprendizagem de Álgebra Linear. Os títulos das revistas podem ser encontrados no Apêndice A deste artigo.

Com o propósito de selecionar trabalhos, que se enquadrassem na questão de pesquisa, deste estudo, foram definidos alguns critérios de inclusão e exclusão, que constam no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios de inclusão e exclusão

Código	Critérios de inclusão	Código	Critérios de Exclusão
CI1	Trabalhos publicados entre 2009 e 2019 (últimos dez anos)	CE1	Trabalhos publicados antes do ano de 2009
CI2	Trabalhos realizados com acadêmicos do Ensino Superior	CE2	Trabalhos duplicados/Trabalhos redundantes de um mesmo autor
CI3	Trabalhos que apresentassem tecnologias digitais utilizadas, assim como a maneira como estas foram aplicadas	CE3	Trabalhos que consistissem em Revisões Sistemáticas ou Histórica
CI4	Trabalhos que destacassem os resultados positivos e/ou negativos encontrados		

Fonte: Elaborado pela autora em 2019.

No intuito de selecionar artigos que possibilitem responder à questão de pesquisa os seguintes critérios de qualidade foram propostos (Quadro 3).

Quadro 3: Critérios de qualidade

Código	Critérios de qualidade
CQ1	Trabalhos realizados com estudantes e/ou professores no âmbito do Ensino Superior ou Pós-Graduação.
CQ2	Trabalhos que apresentassem tecnologias digitais utilizadas, assim como, a maneira como estas foram aplicadas.
CQ3	Trabalhos que apresentassem os resultados positivos e/ou negativos encontrados.

Fonte: Elaborado pela autora em 2020.

A seleção dos estudos, fase (b) foi realizada através da busca por estudos nas bases de pesquisa que são periódicos brasileiros com Qualis Capes acima de B2 na área da Educação na avaliação realizada em 2013-2016, utilizando-se de termos principais e sinônimos definidos pela autora com o intuito de ampliar a busca por estudos relacionados ao tema de pesquisa.

Na fase (c) avaliação de qualidade foi realizada seguindo os critérios de inclusão e exclusão, após a leitura atenta do título, resumo, introdução e considerações finais.

Na fase (d) foi realizada a extração dos dados principais, a saber, título, autores, participantes, questão de pesquisa, objetivos, referencial teórico, metodologia, *software* utilizado, resultados obtidos.

Na análise dos resultados, realizou-se a interpretação dos dados extraídos da pesquisa visando responder à questão desta pesquisa, assim como, observar, as relações entre as pesquisas, os caminhos utilizados pelos autores para planejar as atividades e a utilização de *softwares* e as lacunas deixadas pelas pesquisas que poderão tornar-se estudos futuros.

4. Álgebra Linear e Tecnologias Digitais: Um panorama das revistas brasileiras

A busca foi realizada nas bases de pesquisa (Apêndice A), seguindo o processo exposto na seção anterior (Quadro 1). Dito isso, foram identificados 11 artigos distribuídos em cinco periódicos, a saber: Ciência e Educação; Bolema; Renote, Revista de Educação; Ciências e Matemática e Revista Brasileira de História da Matemática.

Quadro 4: Artigos encontrados durante a pesquisa realizada nas revistas

Código	Título	Autores	Revista/ISS N	Disponível em:	Ano
A1	Pensamento matemático avançado manifestado em tarefas envolvendo transformações lineares	Alessandra Senes Marins Ângela Marta Pereira das Dores Savioli	Ciência & Educação/ 1980-850X	Vol. 22, nº 2, p. 489-504, 2016	2016
A2	O Papel das Tecnologias Digitais em Disciplinas de Álgebra Linear a Distância: possibilidades, limites e desafios	Nilton Silveira Domingues	Bolema / 1980-4415	Vol. 31, nº 57, p. 537 - 541, abr. 2017	2017
A3	Aprendizaje de Sistemas Matemáticos de Símbolos en Álgebra Lineal y Cálculo	Eduardo Mario Lacués Apud	Bolema / 1980-4415	Vol. 28, nº 48, p. 299-318, abr. 2014	2014
A4	A Inserção da Álgebra Linear no Currículo da Primeira Universidade Brasileira	Gabriel Loureiro de Lima Eloiza Gomes	Bolema / 1980-4415	Vol. 32, nº 62, p. 927-945, dez. 2018	2018
A5	SUAV – Sistema ubíquo de aprendizagem vertical	Felipe Furtado Lorenci Carmen Vieira Mathias	RENOTE/ 1679-1916	Vol. 15 nº 2, dezembro, 2017	2017

		Tiago Martinuzzi Buriol			
A6	Geogebra Book, Smartphones e ladrilhamentos no plano	Thiago de Azevedo Agnaldo Esquincalha Abel Rodolfo Garcia Lozano	Revista de Educação, Ciências e Matemática/ 2238-2380	Vol. 8 n°1 jan/abr 2018	2018
A7	Norbert Wiener: A Teoria Cibernética de um Matemático	Viviane Hengler Corrêa Chaves	Revista Brasileira de História da Matemática /1519-955X	Vol. 17 n° 34 - pág. 19-48	2017
A8	A Matemática e os Matemáticos do Instituto Tecnológico da Aeronáutica	Henrique Marins de Carvalho	Revista Brasileira de História da Matemática/ 1519-955X	Vol. 16 n° 31 - pág. 21 - 49	2016
A9	O movimento das estruturas Matemáticas	José Carlos Magossi Elaine Cristina Catapani Poletti	Revista Brasileira de História da Matemática/ 1519-955X	Vol. 12 n° 25 (agosto/2012 - dezembro/2012) - pág. 01-13	2012
A10	Luiz Henrique Jacy Monteiro e o ensino secundário de Matemática	Aparecida Rodrigues Silva Duarte	Revista Brasileira de História da Matemática/ 1519-955X	Vol. 12 n° 24 (abril/2012 - agosto/2012) - pág. 55-70	2012
A11	Chaim Samuel Hönig (1926 - 2018): Trajetória acadêmica e contribuições para o desenvolvimento da Matemática brasileira	Mariana Feiteiro Cavallari Sergio Roberto Nobre	Revista Brasileira de História da Matemática/ 1519-955X	-Vol. 19 n° 37 pág. 117 - 139	2019

Fonte: Elaborado pela autora em 2020

Após, foi realizada a leitura atenta do título, resumo, introdução e considerações finais, sendo eliminados os artigos que se encaixavam nos critérios de exclusão, especificamente, os trabalhos que envolviam revisões históricas e não abordavam conceitos de Álgebra Linear ou o uso de tecnologias digitais. Esse movimento pode ser percebido no quadro a seguir.

Quadro 5: Análise dos artigos segundo os critérios de exclusão

Código	Trabalhos publicados antes do ano de 2009	Trabalhos duplicados/Trabalhos redundantes de um mesmo autor	Trabalhos que consistam em Revisões Sistemáticas ou histórica
A1	--	--	--
A2	--	--	--
A3	--	--	--
A4	--	--	Revisão histórica
A5	--	--	--
A6	--	--	--
A7	--	--	Revisão histórica
A8	--	--	Revisão histórica
A9	--	--	Revisão histórica
A10	--	--	Revisão histórica
A11	--	--	Revisão histórica

Fonte: Elaborado pela autora em 2020.

Dando seguimento as fases propostas por Kitchenham (2007), foi realizada a interpretação dos dados principais, a saber: participantes, questão de pesquisa, objetivos, *software* utilizado e resultados obtidos. Com isso, os artigos foram analisados seguindo os critérios de qualidade.

Quadro 6: Análise dos artigos segundo os critérios de qualidade

Código	Trabalhos realizados com estudantes e/ou professores que não sejam no âmbito do Ensino Superior ou Pós-Graduação	Trabalhos que não apresentassem as tecnologias digitais utilizadas, assim como, a maneira como estas foram aplicadas	Trabalhos que não apresentassem os resultados positivos e/ou negativos encontrados
A1	--	Trabalho não utiliza nenhum recurso tecnológico	--
A2	--	--	--
A3	--	Trabalho não utiliza nenhum recurso tecnológico	--
A5		Foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis, no entanto, esse não foi testado	--
A6	Realizado no ensino Fundamental	--	--

Fonte: Elaborado pela autora em 2020

Nesta etapa, Quadro 6, foram selecionados os trabalhos que atenderam aos critérios de qualidade da revisão sistemática apresentados na metodologia (Quadro 3). Assim, os trabalhos que não atenderam a esses critérios foram

retirados, como foi o caso do trabalho realizado na Educação Básica (Artigo A6), pesquisas (Artigos A1 e A3) abordando sequências didáticas ou de atividades visando à construção de conceitos de Álgebra Linear como: transformações lineares, matrizes, espaços e subespaços vetoriais, que não utilizaram tecnologias digitais. Já, o artigo (A5) apresenta um aplicativo com o intuito de auxiliar acadêmicos do Ensino Superior com dificuldades das disciplinas de Cálculo e Álgebra Linear, porém, o aplicativo desenvolvido não foi testado, sendo assim, não seria possível identificar as potencialidades ou falhas deste.

Atendendo aos critérios de qualidade, tem-se o artigo A2 (DOMINGUES, 2017), que trata de uma resenha da tese de doutorado em Educação Matemática de autoria de Aparecida Santana de Souza Chiari, defendida em 2015. A resenha contém o olhar do autor sobre a tese de Chiari, apresentando pontos relevantes. Como na revisão sistemática não foram encontrados outros artigos que atendessem aos critérios, previamente, estabelecidos, optou-se por realizar a análise do artigo A2. Assim, destaca-se que quando necessário recorrer-se-á a tese de Chiari (2015) para enriquecer a análise.

O objetivo de Chiari (2015) foi analisar o papel das Tecnologias Digitais no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Álgebra Linear em cursos de Licenciatura em Matemática à distância, no contexto dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). A pesquisa contou com a participação de quatro universidades, a saber: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Domingues (2017) traz como adequada a escolha da Teoria Enraizada¹⁶ (TE) pela autora já que na sua perspectiva existe uma “forte relação entre a teoria e os dados, como se estivessem fortemente enraizados” (DOMINGUES, 2017, p. 539). Para Chiari (2015) deu-se pelo fato de que essa metodologia ajudaria a

¹⁶ A Teoria Enraizada é descrita como um método no qual “O pesquisador começa com uma área de estudo e permite que a teoria surja a partir dos dados. A teoria derivada dos dados tende a se parecer mais com a “realidade” do que a teoria derivada da reunião de uma série de conceitos baseados na experiência ou somente por meio de especulação” (STRAUSS; CORBIN, 2008 apud CHIARI, 2015, p.65-66).

construir uma teorização que permitiria entender como o uso de tecnologias digitais é realizado, atualmente, bem como esse entendimento pode auxiliar a:

construção de políticas, públicas ou não, de incentivo de uso de TD em cursos à distância ou até mesmo para que atores envolvidos nos cursos aqui analisados ou em outros reflitam sobre suas práticas e analisem se elas estão refletindo seus objetivos ou se precisam ser repensadas, ampliadas ou até mesmo discutidas internamente (CHIARI, 2015, p. 66).

A forte relação entre os dados e a teoria percebidos por Domingues (2017) deve-se ao fato de que a TE e seus criadores incentivam o pesquisador a ser criativo, sendo assim, apenas disponibilizam um conjunto de ferramentas a serem utilizadas de maneira criativa e flexível, adaptando-as de acordo com objetivos e problema de pesquisa (CHIARI, 2015). Nessa perspectiva, a teoria enraizada foi utilizada por Chiari (2015) para a análise dos dados que consistiam em entrevistas com gestores e professores; avaliação dos AVA; Projeto Político Pedagógico (PPP); entrevistas online e notas da pesquisadora.

Com relação à análise do AVA, as universidades participantes da pesquisa tinham o mesmo AVA, o Moodle, que possibilitava a inserção de simbologias matemáticas (*offline*), e interação entre os participantes devido à possibilidade de diálogos rápidos online, no entanto, para maior praticidade, os acadêmicos, geralmente, recorriam ao envio de fotos contendo a resolução das atividades a lápis.

Neste contexto, a autora aponta como uma limitação do AVA a falta de simbologias matemáticas nas interações *on-line* (DOMINGUES, 2017). Quanto a isso, Andrade (2010, p. 110) disponibilizou em seu protótipo “Vetores” um chat matemático, porém percebeu que o uso do chat para a “comunicação entre os sujeitos durante os processos de aprendizagem de objetos de dependência linear à distância não foi suficiente para o sucesso da atividade”, com isso, reafirma-se a necessidade do trabalho envolvendo os demais registros de representação, língua natural, simbólico, algébrico, geométrico, gráfico, durante as atividades, seja através da inserção de chats matemáticos, atividades que mobilizem diferentes registros e utilizem-se das transformações de tratamento e conversão.

No que tange a análise do papel das tecnologias digitais (TD)¹⁷ no AVA, duas categorias foram criadas “TD como promotoras de variedade comunicacional” e “TD na construção do material didático digital”. A primeira, diz respeito a comunicação entre os agentes (professor, tutor e acadêmicos) que ocorre por meio das tecnologias digitais, e a segunda categoria, refere-se ao material disponibilizado, digitalmente, para os discentes como textos, vídeos/videoaulas, imagens e como as tecnologias atuam na produção deste material (CHIARI, 2015).

Na primeira categoria destaca-se o modo como o conteúdo era disponibilizado no AVA pelas universidades, material digital com explicação do conceito de Álgebra Linear, atividades propostas, vídeos, estes priorizavam registros de representação em linguagem formal, algébrico e geométrico. As possíveis dúvidas eram discutidas por meio de fóruns, chat, videoconferência de maneira síncrona (com acadêmicos, professor e/ou tutor na mesma plataforma ao mesmo tempo (*on-line*)) e assíncrona (acadêmicos, professor e/ou tutor não estão no mesmo ambiente podendo responder depois (*off-line*)).

Nota-se a preocupação dos professores de tentar suprir todas as eventuais dificuldades encontradas pelos discentes na disciplina de Álgebra Linear explorando diferentes registros de representação como sugere Duval (2009), contudo, as atividades, geralmente, exigiam que os acadêmicos realizassem apenas movimentos de tratamento, negligenciando as atividades que requerem a realização conversões pelos discentes, e esta é considerada fundamental para esse processo de compreensão cognitiva (DUVAL, 2013).

Algumas propostas que envolvem conversão foram apresentadas, por exemplo, por Karrer (2006) e França (2007), estas podem ser trabalhadas de maneira individual, ou como propõe Chiari (2015) de maneira colaborativa. Para isso, seria necessário, que o AVA, além de possibilitar o compartilhamento da tela do professor (esta opção está disponível no Moodle), também teria que disponibilizar a função “*Take control*”¹⁸, assim, o professor poderia transferir a

¹⁷ A autora entende por Tecnologia Digital uso de computadores, internet, vídeos digitais, softwares, dentre outros elementos (BORBA; SCUCUGLIA; GADANIDS, 2014).

¹⁸ Disponível no ambiente VMT – *Virtual Math Teams* (CHIARI, 2015, p. 166).

manipulação/manuseio da atividade para os acadêmicos, podendo explorar as diferenças que ocorrem de acordo com a conversão das representações.

Na segunda categoria “TD na construção do material didático digital”, os AVA são entendidos como possibilitadores, pois por meio deles é possível realizar a produção, edição e armazenamento de materiais digitais como vídeo, texto, áudio e imagem (CHIARI, 2015; DOMINGUES, 2017). Ressalta-se, nesta categoria, as tecnologias envolvidas e o modo como elas foram utilizadas, são elas: computador e softwares, lousa digital, mesa digitalizadora, câmera filmadora, quadro e giz, dentre outros, sendo usados na produção das aulas e materiais disponibilizados.

A junção destas duas categorias origina, o que a autora denomina “Material Didático Digital Interativo (MDDI)” que é diferente em cada universidade, além disso, o MDDI, armazenado e produzido em cada AVA é único e mutável, já que os acadêmicos são diferentes, logo suas dúvidas também, mesmo que algumas se repitam, os professores e tutores podem se manter ou não, assim como, os materiais disponibilizados e a maneira como eles utilizam as tecnologias digitais podem ser diferente de acordo com as necessidades da nova turma (CHIARI, 2015).

Estabelecendo um paralelo entre os trabalhos que envolveram o uso de tecnologias digitais, já que não foram identificados outros artigos que se encaixassem na questão de pesquisa desta revisão sistemática, foram percebidas semelhanças entre os pontos levantados pelos autores e por Chiari (2015), no que tange o ensino de conceitos de Álgebra Linear, como por exemplo, os registros de representação utilizados pelos professores, livros-texto, e mobilizados pelos acadêmicos nas atividades são, em maioria, registro de representação algébrico, simbólico-algébrico, linguagem formal e geométrico. Embora Chiari (2015) não tivesse como referencial teórico a teoria de Duval, a autora apresenta traços da teoria, baseada em alguns textos do autor, que auxilia essa percepção quanto aos registros encontrados por Chiari (2015) durante a análise dos materiais dos professores participantes da sua pesquisa.

Com relação ao uso de softwares de Matemática Dinâmica, como o GeoGebra, que é bastante utilizado nas pesquisas quando o assunto é TD e

Álgebra Linear, não foi explorado pelos professores das disciplinas analisadas por Chiari (2015), vale destacar o fato de que o GeoGebra, por exemplo, atualmente, pode ser inserido no Moodle, além disso, a versão online do software tem passado por mudanças para facilitar o trabalho do professor e em tempos de aulas remotas, principalmente, a possibilidade de criar grupos para a realização, disponibilização e criação de atividades utilizando esta ferramenta vem sendo utilizada pelo professores.

Embora, o meio de comunicação nas aulas à distância seja o uso de tecnologias digitais, a exploração destas ainda é pouca, quando o assunto é o uso de softwares nas disciplinas de Álgebra Linear, assim como, nas aulas de cursos presenciais. Outro recurso negligenciado é a lousa digital que como aponta Chiari (2015) é utilizada para a mesma função do quadro branco. Este tipo de uso das tecnologias digitais é denominado domesticação para os autores Borba e Penteado (2010).

Considerações finais

O trabalho teve por objetivo investigar quais são as potencialidades, e/ou os entraves, do uso de tecnologias digitais no processo de ensino e de aprendizagem de Álgebra Linear no Ensino Superior. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática nos periódicos brasileiros, disponíveis online, com Qualis Capes acima do estrato de B2 na área da Educação na avaliação realizada em 2013-2016.

Esta investigação possibilitou concluir como potencialidades do uso das tecnologias digitais: a comunicação entre professores, tutores e acadêmicos via fóruns, Web conferência, chats e no caso dos AVA, o armazenamento e a produção de matérias didáticos digitais.

Como entraves, apontam-se a falta de ambientes com chats onde possa-se utilizar o registro simbólico-algébrico, a linguagem formal característicos dos conceitos de Álgebra Linear, a necessidade de ferramentas que possibilitem a interação entre docentes e discentes, ao mesmo tempo, para a realização de uma investigação de um objeto de Álgebra Linear através da mobilização dos

seus diferentes registros de representação permeada por um *software* de geometria dinâmica ou Matemática dinâmica, por exemplo.

No que tange, os conceitos de Álgebra Linear, o uso de softwares de Matemática dinâmica possibilita a externalização das representações gráfica, geométrica trabalhadas simultaneamente, com a representações algébrica e numérica, por exemplo, de Sistemas Lineares, vetores, determinante, transformações lineares, objetos, geralmente, trabalhados apenas algebricamente, ou numericamente, desvinculados de suas outras representações. A exploração de outras representações, assim como, o trabalho simultâneo com mais de uma representação para Duval (2009) é fundamental para a aprendizagem de conceitos matemáticos, além disso, o uso de softwares possibilita, segundo o autor, acelerar os processos de tratamento (DUVAL,2011) além de proporcionar atividades nas quais os estudantes realizem conversões entre registros.

Ademais, a revisão sistemática, mostrou que são poucos, quase nulos, os trabalhos que abordam o tema tecnologias digitais e Álgebra Linear, enfatizando a necessidade de realizar pesquisas que investiguem e relatem a importância desse tema, assim como, a divulgação destas para auxiliar professores e pesquisadores interessados.

Diante desse contexto, destaca-se, para pesquisas futuras, expandir a busca de artigos referente ao uso de tecnologias digitais e processo de ensino e aprendizagem de Álgebra Linear para anais de eventos das áreas de Educação Matemática, Educação e tecnologia, como também, analisar a implementação de tecnologias digitais em disciplinas de Álgebra Linear em diferentes contextos e com outros tipos de tecnologias.

Referências

ANDRADE, J. P. G. **Vetores**: Interações à distância para a aprendizagem de Álgebra Linear. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: < <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/4038> > Acesso em: 15 de Agosto de 2018

- BORBA, M. de C.; ARAÚJO, J. de L.(Orgs.) **Pesquisa qualitativa em Educação Matemática**.6. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019.
- BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.
- BORBA, M. de C.; SCUCUGLIA, Ricardo. R. da S; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: Sala de aula e internet em movimento** 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.
- BRANDT, C. F.; MORETTI, M. T. O Cenário da Pesquisa no Campo da Educação Matemática à Luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica. In: **Perspectivas da Educação Matemática**. Campo Grande: UFMS, v. 7, n. 13, p. 22-37, 2014. Disponível em: <<http://seer.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/488/361>>. Acesso em: 06 fev. 2019.
- CELESTINO, M.R. **Ensino-Aprendizagem de Álgebra Linear: as pesquisas brasileiras na década de 90**. 2000. 114f. Dissertação de Mestrado (PUC/SP)- Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11157>> Acesso: 02 de jun. 2017.
- CHIARI, A. S. S. **O Papel das Tecnologias Digitais em Disciplinas de Álgebra Linear a Distância: possibilidades, limites e desafios**. 2015. 206 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.
- DOMINGUES, N. S.. Resenha Tese: O Papel das Tecnologias Digitais em Disciplinas de Álgebra Linear a Distância: possibilidades, limites e desafios. *Boletim de Educação Matemática*. **BOLEMA**, v. 36, p. 537-541, 2017. Disponível em:< https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-636X2017000100028&lng=pt&tlng=pt> Acesso em: 21 out. 2019.
- DUVAL, R. **Semióses e pensamento humano: registro semiótico e aprendizagens intelectuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.
- DUVAL, R. **Ver e ensinar a matemática de outra forma: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representação semióticas**. São Paulo: PROEM, 2011.
- DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **Revemat**: Florianópolis (SC), v. 07, n. 2, p. 266-297, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2012v7n2p266>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- DUVAL, R. Entrevista: Raymond Duval e a Teoria dos Registros de Representação Semiótica. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 2, n. 3, jul./dez. 2013. Disponível em:

<<http://www.fecilcam.br/revista/index.php/rpem/article/view/963>>. Acesso em: 15 maio 2017.

FRANÇA, M. V. D. de. **Conceitos fundamentais de Álgebra Linear**: uma abordagem integrando Geometria Dinâmica. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em:< <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11281> > Acesso: 02 de junho 2017.

GOLDENBERG, Paul. **Thinking (And Talking) About Technology in Math Classrooms**. Education Development Center, Inc. 2000. Disponível em:< http://mcc.edc.org/pdf/iss_tech.pdf> Acesso em: 16 set. 2019.

GRANDE, A. L. **O conceito de Independência e Dependência e os Registros de Representação Semiótica nos Livros didáticos de Álgebra Linear**. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em:< <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11123> > Acesso: 02 de jun. 2017.

HENRIQUES, A.; ALMOULOU, S. A. Teoria dos registros de representação semiótica em pesquisas na Educação Matemática no Ensino Superior: uma análise de superfícies e funções de duas variáveis com intervenção do *software* Maple. **Ciência & Educação**, Bauru, vol. 22, n. 2, p. 465-487, 2016.

KARRER, M. **Articulação entre Álgebra Linear e Geometria**: Um estudo sobre as Transformações Lineares na perspectiva dos Registros de Representação Semiótica. 2006. 435 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006. Acesso em: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11068>> Acesso: 02 de jun. 2017.

KITCHENHAM, B. (2007). **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, p. 1-26, jul. 2007. Disponível em: < https://www.elsevier.com/___data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf > Acesso em: 16 Ago. 2019.

KRIPKA, R. M. L. **Uso de Tecnologias Digitais no ensino e na aprendizagem de Álgebra Linear na perspectiva das teorias da Aprendizagem Significativa e dos Registros de Representação Semiótica**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Acesso em: < <http://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/8057>> 02 Agosto de 2018.

SILVA, Eliza Souza da. **Transformações Lineares em um curso de licenciatura em Matemática**: Uma estratégia didática com o uso de tecnologias digitais. 2015. 198 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível

em:< <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11034>> Acesso: 20 de Novembro de 2019.

Apêndice A

Na sequência, o quadro abaixo expõe as bases de dados selecionadas a partir dos critérios acima citados.

Quadro: Bases para a pesquisa

ISSN	Título da Revista	Qualis
1516-7313	CIÊNCIA E EDUCAÇÃO (UNESP)	A1
1517-9702	EDUCAÇÃO E PESQUISA (USP)	A1
0100-3143	EDUCAÇÃO E REALIDADE	A1
1678-4626	EDUCAÇÃO & SOCIEDADE	A1
0104-4036	ENSAIO-AVALIAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS EM EDUCAÇÃO	A1
1676-2592	EDUCAÇÃO TEMÁTICA DIGITAL	A1
1414-3518	HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO (UFPEL)	A1
2448-2455	JOURNAL OF PHYSICAL EDUCATION	A1
0103-863X	PAIDEIA (RIBEIRAO PRETO)	A1
2238-0094	REVISTA BRASILEIRA DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO	A1
0103-636X	BOLEMA. BOLETIM DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	A1
1807-3859	CADERNOS DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO (UFU)	A2
1415-2150	ENSAIO. PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	A2
1414-3283	INTERFACE (BOTUCATU)	A2
0102-5473	PERSPECTIVA (FLORIANÓPOLIS)	A2
1678-166X	REVISTA BRASILEIRA DE POLÍTICA E ADMINISTRAÇÃO DA EDUCAÇÃO	A2
0103-1457	CONJECTURA: FILOSOFIA E EDUCAÇÃO (UCB)	B1
1517-9869	EDUCAÇÃO (RIO CLARO)	B1
0104-3293	EDUCAÇÃO EM FOCO (UFJF)	B1
2178-258X	EDUCACAO EM PERSPECTIVA	B1
1517-3941	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA EM REVISTA (SÃO PAULO)	B1
1516-5388	EDUCAÇÃO MATEMÁTICA PESQUISA	B1
1518-0743	LINGUAGENS, EDUCAÇÃO E SOCIEDADE	B1
1984-6576	REVELLI: REVISTA DE EDUCAÇÃO, LINGUAGEM E LITERATURA DA UEG-INHUMAS	B1
1414-5685	REVISTA BRASILEIRA DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO	B1
1516-1846	REVISTA CEFAC	B1
1696-4713	REVISTA ELECTRÓNICA IBEROAMERICANA SOBRE CALIDAD, EFICACIA Y CAMBIO EN EDUCACIÓN	B1
1676-2584	REVISTA HISTEDBR ON-LINE	B1
2446-9424	REVISTA INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO SUPERIOR	B1
1519-4507	CADERNOS DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO PPGE-UFES	B2

2448-3583	REVISTA EDUCAÇÃO & FORMAÇÃO	B2
1518-1634	HOLOS (NATAL)	B2
1679-1916	RENOTE. REVISTA NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO	B2
2525-4863	REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO DO CAMPO	B2
1809-5747	REVISTA CONTEMPORÂNEA DE EDUCAÇÃO	B2
2238-2380	REVISTA DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E MATEMÁTICA	B2
1678-5622	REVISTA DE EDUCAÇÃO POPULAR	B2
1982-6273	EDUCAÇÃO E FRONTEIRAS (UFGD)	B2
1519-955X	REVISTA BRASILEIRA DE HISTÓRIA DA MATEMÁTICA	B2

Fonte: Elaboração da autora com base nos dados disponibilizados pela Capes disponíveis em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>