

Conexões Matemáticas no Ensino Médio: lacunas e perspectivas reveladas em uma revisão sistemática (2015-2024)

Daniella Assemany^a 
Matheus Petito^b 

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

^b Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

Contexto: Diversos autores apontam que o ensino da Matemática recorre ao uso exaustivo de fórmulas, renunciando aos processos investigativo e criativo, valiosos para sua compreensão. Essa problemática evidencia lacunas na literatura e aponta para a relevância da produção consciente, pelos estudantes, das conexões matemáticas entre os conteúdos. **Objetivo:** Pretendemos reunir e sintetizar as pesquisas, no âmbito das conexões matemáticas, que colaboraram com o ensino e a aprendizagem da matemática para o Ensino Médio. **Design:** Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo de natureza bibliográfica. **Ambiente e participantes:** 21 artigos publicados em periódicos indexados na base Scopus, de 2015 a 2024. **Coleta e análise de dados:** A seleção dos artigos recorreu aos descritores *mathematical connections* e *mathematical connection* no título, resumo e palavras-chave, além de *high school* e *mathematics education* no decorrer do texto. Realizamos a leitura dos resumos e das partes em que esses descritores foram empregados, e selecionamos exclusivamente pesquisas que apresentaram contribuições para o Ensino Médio. Para a análise, identificamos e categorizamos os principais tópicos abordados no tema. **Resultados:** Verificamos que há um número reduzido de pesquisas sobre a produção de conexões matemáticas para o Ensino Médio, sendo essas majoritariamente centradas nas conexões de estudantes, no tange aos temas: funções, equações, geometria e cálculo. **Conclusões:** Os estudos sobre as conexões matemáticas são recentes, o que justifica as poucas pesquisas no Ensino Médio. Explorar os variados conteúdos deste segmento sob a perspectiva das conexões matemáticas favorece uma compreensão mais densa e duradoura, desenvolve a criatividade e estimula o pensamento matemático.

Palavras-chave: conexões matemáticas; ensino de Matemática; Ensino Médio; Educação Matemática.

Corresponding author: Daniella Assemany. Email: daniella.assemany@gmail.com

Mathematical Connections in High School: gaps and perspectives revealed in a systematic review (2015-2024)

ABSTRACT

Context: Several authors point out that mathematics teaching relies heavily on the use of formulas, neglecting investigative and creative processes, which are valuable for understanding the subject. This problem highlights gaps in the literature and points to the importance of students consciously making mathematical connections among different topics. **Objective:** We aim to gather and synthesize research on mathematical connections that contribute to the teaching and learning of mathematics in high school. **Design:** This research is characterized as a qualitative study of bibliographic nature. **Environment and participants:** 21 articles published in journals indexed in the Scopus database, from 2015 to 2024. **Data collection and analysis:** The selection of articles used the descriptors *mathematical connections* and *mathematical connection* in the title, abstract, and keywords, as well as *high school* and *mathematics education* throughout the text. We read the abstracts and the parts in which these descriptors were used and selected only those studies which contributed to high school education. For the analysis, we identified and categorized the main topics addressed in the theme. **Results:** We found that there are a small number of studies on the production of mathematical connections for high school, most of which focus on student connections in relation to the topics: functions, equations, geometry, and calculus. **Conclusions:** Studies on mathematical connections are recent, which explains the lack of research in high school. Exploring the varied content of this segment from the perspective of mathematical connections promotes a deeper and more lasting understanding, develops creativity, and stimulates mathematical thinking.

Keywords: mathematical connections; mathematics teaching; High School; mathematics education.

CIRCUNSTÂNCIAS PRELIMINARES

O ensino da Matemática nas escolas tem sido um desafio para os professores ao longo dos tempos. Segundo D'Ambrosio (2011), essa problemática acontece pelo fato de a Matemática ser, desde a Antiguidade, a “ciência dos números, das formas, das relações e das medidas, das inferências” (p. 74), além de suas características apontarem para a exigência de precisão, rigor e exatidão. O autor discute sobre a organização curricular e a sequência tradicional dos conteúdos, sugerindo-os como possíveis causadores da limitação do ensino de Matemática, o que gera consequências negativas na aprendizagem: “Aprende-se algo na 3.^a série para aprender outro algo na 4.^a série; aprende-se esse outro na 4.^a para aprender mais na 5.^a; e assim vão sendo encadeados, linearmente, os conteúdos. Não indo bem na 3.^a série, não se pode, nesse modelo, acompanhar a 4.^a série e assim sucessivamente” (D'Ambrosio, 2016, p. 3).

De acordo com Assemany (2020), o encadeamento de conteúdos a ensinar, estimulado pelo fracionamento dos temas que estão incluídos no currículo escolar, convida o professor a perpetuar uma prática didática carente de conexões matemáticas. O trabalho de Carreira (2010) fundamenta essa ideia, pois sugere que não sejam desperdiçadas as oportunidades de utilizar as conexões no ensino, a fim de integrar e propiciar a coerência dos conceitos, salientando a importância do seu uso para que os estudantes da Educação Básica percebam que a Matemática não é uma coleção de ideias soltas.

A produção de conexões matemáticas no ensino é ressaltada em diversas pesquisas na área, como o estudo de Vanegas e Giménez (2018), que reconhecem as conexões (extra)matemáticas utilizadas por futuros professores no planejamento de sequências didáticas. Para os autores, esse tipo de conexões relaciona a matemática à vida real e evidencia o potencial de sequências didáticas interdisciplinares, tornando a matemática mais significativa para os alunos. Ressaltamos, também, a pesquisa teórica-bibliográfica realizada por Allevato e Onuchic (2019), que buscou identificar as diferentes formas de estabelecer as conexões matemáticas a partir do cenário da resolução de problemas, ratificando-o como um campo fértil e relevante para o ensino, além de ser provocador das conexões matemáticas.

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018), enquanto documento balizador para o currículo mínimo a que se deseja que todos os estudantes brasileiros tenham acesso, apresenta uma orientação explícita para a Matemática do Ensino Fundamental quanto ao uso das conexões como meios de produção de conhecimentos: “Os significados desses objetos [matemáticos] resultam das conexões que os alunos estabelecem entre eles e os demais componentes, entre eles e seu cotidiano e entre os diferentes temas matemáticos.” (Brasil, 2018, p. 274). No entanto, a referência não se estende à base curricular do Ensino Médio, deixando lacunas sobre as orientações didático-pedagógicas acerca da utilização de conexões matemáticas para este segmento.

Os estudos de Rezende (2003) corroboram a necessidade do uso das conexões matemáticas no ensino. O autor ressalta que a fragmentação do currículo proporciona o despreparo dos estudantes do Ensino Médio para o pensamento matemático. O questionamento que fazemos é: quais são as contribuições para o ensino e para a aprendizagem no Ensino Médio que emergem a partir da utilização de conexões matemáticas?

Diante dessa problemática, traçamos o seguinte objetivo de pesquisa: reunir e sintetizar as pesquisas, no âmbito das conexões matemáticas, que

colaboram com o ensino e a aprendizagem da matemática para o Ensino Médio. Para isso, produzimos um estudo qualitativo de natureza bibliográfica (Lakatos & Marconi, 2003), sob a perspectiva da revisão sistemática da literatura com artigos publicados em periódicos, indexados na base *Scopus*, do ano de 2015 ao ano de 2024, que apresentam pesquisas sobre o uso de conexões matemáticas no Ensino Médio. O tratamento e a análise dos dados recorreram à análise de conteúdos (Bardin, 2011) como forma de categorizar os aspectos sublinhados nos estudos encontrados e ressaltar possíveis contribuições para o ensino e a aprendizagem da matemática.

Este artigo está dividido em seis seções. A seguir, apresentamos o cenário teórico referente às conexões matemáticas. Posteriormente, descrevemos a metodologia, apresentamos os resultados e analisamos os dados. Por fim, salientamos nossas considerações, apontando as lacunas na literatura e algumas perspectivas para pesquisas futuras.

PANORAMA TEÓRICO SOBRE AS CONEXÕES MATEMÁTICAS

A introdução da ideia de conexões no âmbito educacional destacou-se como elemento central no campo da Educação Matemática pelo *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM), no ano de 1991. Sobretudo, o conceito de conexões projetou-se significativamente quando esse tema foi indicado pelo NCTM (2000) como um processo matemático essencial a ser desenvolvido por alunos da Educação Infantil até o Ensino Médio. Nesse documento, os autores enfatizaram a utilização das conexões matemáticas no ensino, a fim de favorecer o desenvolvimento da criatividade dos estudantes, da autonomia na busca de soluções para os problemas e da curiosidade na interação entre os tópicos matemáticos e em contextos que relacionam a Matemática com outras áreas do conhecimento.

O primeiro trabalho, sobre o tema das conexões matemáticas, a que se tem acesso na literatura é a tese de doutoramento de Evitts (2004), que apresenta uma investigação sobre as conexões matemáticas que são produzidas por futuros professores de Matemática na resolução de problemas. O autor ressalta a necessidade de os professores possuírem uma compreensão flexível e interconectada da matemática, a fim de promoverem a construção, a ênfase e o uso de conexões matemáticas: “It is in this flexibility and interconnectedness where conceptual understanding may reside” (Evitts, 2004, p. 6). Dos resultados, o autor destaca que cada sujeito da pesquisa demonstrou uma abordagem única no modo de resolução, utilizando diferentes conexões matemáticas.

Os tipos de conexões que surgiram no estudo de Evitts (2004) foram categorizados por: i) *Modeling connections*, despontadas na modelagem de situações reais a partir de um aspecto da Matemática; ii) *Structural connections*, entendidas pelo uso de situações comparáveis, problemas análogos, histórias lembradas e conexões isomórficas, para buscar similaridades entre o problema atual e outra situação; iii) *Representational connections*, expressas quando há mais de uma representação matemática da mesma situação na resolução do problema, por exemplo, gráficos, números e símbolos; iv) *Procedure-concept connections*, concebidas pelo uso de fórmulas ou pelo procedimento matemático escolhido; e v) *Connections between strands of mathematics*, destacadas pelas associações com diversas vertentes dos conteúdos.

Como resultado dessa pesquisa, Evitts (2004) identificou quatro grupos que comportam características das conexões: Visões da Matemática, Indicadores de Busca de Conexão, Atributos de Resolução de Problemas e Características Cognitivas, os quais sugerem que a produção de conexões matemáticas deve ser acompanhada pela predisposição de hábitos e atitudes acerca da sua utilização.

A partir desse estudo, encontramos pesquisas posteriores que buscaram contribuir para as discussões sobre as potencialidades das conexões matemáticas no ensino e na aprendizagem (e.g. Businskas, 2008; Cai & Ding, 2017; Eli et al., 2011; Marshall, 1995). Antes de expressarmos as contribuições do tema para a Educação Matemática, apresentaremos os conceitos e as definições para as conexões matemáticas.

Afinal, o que são conexões matemáticas?

De acordo com o NCTM (1991), a matemática é uma rede de ideias intimamente conectadas, o que evidencia uma posição clara sobre a natureza da Matemática. Esse documento destaca que as ideias matemáticas são conectadas por relações específicas, e essas conexões podem ser identificadas a priori e independentemente de o aluno ter consciência sobre elas. Paralelamente, Coxford (1995) conceituou as conexões como ideias ou processos amplos que podem ser usados para conectar diferentes tópicos em matemática, apontando três características: temas unificadores, processos matemáticos e conectores matemáticos.

Os estudos de Evitts (2004) apresentam uma estrutura metafórica de conectividade e apoiam-se na concepção, descrita por Hiebert e Carpenter (1992), de que a compreensão de algo se relaciona ao que já é conhecido, isto é, de que uma ideia ou procedimento são compreendidos quando se vinculam

às redes existentes e formadas por conexões fortes e numerosas. O autor não apresenta uma definição formal para as conexões matemáticas, mas propõe que a conectividade não seja, apenas, uma forma de pensar sobre a disciplina Matemática, mas, também, sobre a maneira de interpretar o conhecimento matemático de um aprendiz.

Posteriormente, Businskas (2008) analisou de que forma os professores que lecionam no Ensino Médio definem e compreendem as conexões matemáticas. Em seu trabalho, a autora destaca diversos conceitos usados no entendimento do que são conexões matemáticas, e conclui que a maioria deles se baseia no senso comum da ideia de *conectar*, utilizando alguns dos resultados na classificação das conexões encontradas, descritas pela autora como relações verdadeiras entre duas ideias matemáticas, o que permite a construção de uma rede de conceitos interconectados.

Gamboa e Figueiras (2014) apontam que as conexões matemáticas se dão por uma relação lógica coerente entre elementos, que se estende às ideias matemáticas. Para os autores, as conexões matemáticas constituem uma rede de ligações e vínculos que possibilitam a construção de significados e que produzirão, sucessivamente, novas conexões com outras ideias matemáticas. Concomitantemente, os estudos de Eli et al. (2011) destacam as conexões matemáticas como componentes de um esquema mental, construído a partir da memória desenvolvida pelo indivíduo. Os autores ressaltam a utilização do conhecimento prévio para estabelecer ou fortalecer a compreensão da relação entre dois ou mais elementos matemáticos (ideias, conceitos e representações) em uma rede mental.

This model suggests that learning mathematics for understanding involves assimilating or connecting new information into mental networks, forming new connection(s) between existing knowledge components, and accommodating or reorganizing schemata to address perturbations in knowledge structures and to correct misconceptions. Thus, the building and refining of such mental structures through the establishment and strengthening of connections plays an important role in the development of students' learning of mathematics. (Eli et al., p. 299)

A partir dessas e de outras definições, Assemany (2020) realizou um estudo sobre a apropriação dessas conexões por professores de Matemática a partir do conceito de vetor, e concebeu um significado para essa noção no contexto da Educação Matemática, por meio de um viés construtivista

(Vygotsky, 1991). A autora propõe que as conexões matemáticas suplantem a simples emenda de tópicos ou conteúdos matemáticos, ou ainda a concepção de usar exclusivamente o conhecimento prévio para estabelecer relações como as únicas formas de se fazer conexões. Carreira (2010) fundamenta essa ideia quando propõe, a partir da definição de Fischer (1993), que a atividade matemática no ensino se caracterize como um *meio* e como um *sistema*: “Ao pensarmos na Matemática como um meio, salientamos sobretudo o seu carácter de ferramenta; ao tomarmos a Matemática como um sistema, consideramos principalmente o modo como a Matemática organiza e constrói modos de pensar e de actuar” (Carreira, 2010, p. 14). Isso requer a premência de se (inter)ligarem os conceitos matemáticos de uma forma que passa a fazer sentido para aquele que os relacionou e, por conseguinte, “(...) a actividade matemática como território de conexões implica olhar para a Matemática simultaneamente como um sistema e como um meio” (p. 18).

Partindo da premissa de que todo conhecimento é construído mediante experiências que relacionam o conhecimento prévio com os novos conhecimentos, Assemany (2020) defende que as conexões estão intrinsecamente relacionadas à aprendizagem matemática, condizente com Hiebert e Carpenter (1992), que propõem a compreensão matemática como uma teia de representações de ideias, procedimentos e fatos matemáticos. Nessa perspectiva, quanto mais fortes e numerosas forem construídas as conexões, mais profunda será a compreensão matemática. Em complemento, Cai e Ding (2017) defendem a caracterização dessa rede como um processo dinâmico e contínuo, do mesmo modo que Assemany (2020) considera a compreensão como um resultado da produção de conexões.

Com base teoria na construtivista sociocultural de Vygotsky (1991), também conhecida como teoria dos esquemas, Marshall (1995) desenvolveu um fundamento para conceituar esquemas mentais no campo da Psicologia Educacional. Para a autora, o esquema é o meio pelo qual as experiências semelhantes são assimiladas e agregadas para serem lembradas de forma rápida e fácil, ou seja, é um componente essencial para a aprendizagem. Seus estudos apontam que um esquema é uma estrutura não-rígida, cuja principal característica é a existência de conexões, e a força da conectividade dos componentes existentes dentro do próprio esquema ou do grupo de esquemas é responsável por constituí-lo de modo potente e coeso.

Diante dessas concepções, Assemany (2020) propõe que as conexões (matemáticas)¹ são representadas por uma *trama* – grupo de esquemas – constituída de interligações entre conceitos, de maneira lógica e significativa para o indivíduo que os relaciona. As relações *entremeadas* se desenvolvem a partir da experiência individual (e única) do sujeito, permitindo a construção de uma rede de memórias protagonizadas pelas conexões. A autora salienta que, quanto mais fortes forem produzidas as conexões, mais profunda será a compreensão matemática.

As definições apontadas destacam as conexões matemáticas como intrínsecas à aprendizagem, evidenciando a Matemática como uma área constituída de elementos engendrados, seja entre seus próprios conteúdos ou com tópicos externos a ela. As conexões matemáticas contribuem para que os alunos compreendam os conceitos e construam processos, entremeando seus esquemas e constituindo um sistema. Para Carreira (2010), “desenvolver conexões matemáticas é, fundamentalmente, não querer ficar por ali e perceber que as coisas se ligam, não são uma coleção de ideias separadas, «não são como ervilhas soltas dentro de um saco» para usar as palavras de Vygotsky” (p. 18, grifo da autora), promovendo uma aprendizagem mais duradoura e expressiva.

A seguir, destacamos os tipos de conexões matemáticas, sublinhando as categorias definidas por alguns autores, apresentados na literatura até o momento desta investigação.

Tipos e categorias das conexões matemáticas

O trabalho de García-García e Dolores-Flores (2017) ressalta que, quando se conectam duas ou mais ideias matemáticas, estabelecem-se conexões do tipo (intra)matemáticas. Canavarro (2017) salienta que esse tipo de conexão é realizado de forma intrínseca entre ideias matemáticas, como quando reconhecemos uma relação entre tópicos do currículo de Matemática, permitindo com que eles sejam abordados como conteúdos que se desdobram de forma lógica, contribuindo para que o aluno perceba uma Matemática articulada.

¹ Nos estudos de Canavarro (2017) e nas orientações expressas pelo NCTM (2000), encontramos a equivalência dos termos *conexões* e *conexões matemáticas*, devido ao fato de a atividade matemática ser considerada como um exercício do fazer conexões (Hiebert & Carpenter, 1992). Por isso, usaremos, neste artigo, ambas as expressões para denotar a mesma ideia.

Por outro lado, quando relacionamos ideias matemáticas com outras disciplinas ou com conhecimentos da vida real, estabelecemos conexões do tipo (extra)matemáticas (García-García & Dolores-Flores, 2017), consideradas como relações com outras áreas do conhecimento, como a Física, a Química e a Medicina, mas também, com as práticas cotidianas presentes no dia a dia e que valorizam a experiência cultural do estudante.

Há pesquisadores que têm se debruçado em categorizar as conexões matemáticas, tendo maior destaque em pesquisas sobre as categorias das conexões (intra)matemáticas (e.g. Businskas, 2008; Eli et al., 2011; Evitts, 2004; Rodríguez-Nieto et al., 2020).

O estudo de Businskas (2008), realizado com professores do Ensino Médio, permitiu uma investigação sobre as diferentes formas de se estabelecerem conexões (intra)matemáticas, resultando na identificação de cinco categorias: *múltiplas representações*, *relação parte-todo*, *implicação*, *conexão nos procedimentos* e *conexões orientadas para o ensino*. Posteriormente, Eli et al. (2011) realizaram uma investigação com base na resolução de tarefas com professores que lecionam no Ensino Médio, que resultou na identificação de outras cinco categorias de conexões (intra)matemáticas: *categórica*, *processual*, *característica*, *derivação* e *currículo*.

Além deles, García-García e Dolores-Flores (2017) investigaram as conexões manifestadas em estudantes do Ensino Médio ao resolverem tarefas de cálculo, e identificaram outras duas categorias: *conexão por reversibilidade* e *conexão nos significados*. E Rodríguez-Nieto et al. (2020) identificaram a categoria de *conexões metafóricas* ao realizarem um estudo teórico com o objetivo de contribuir com as investigações em conexões matemáticas. A Tabela 1 apresenta o conjunto de categorias das conexões (intra)matemáticas que despontaram na literatura pelos autores supracitados, destacando uma definição e um exemplo.

Tabela 1

Categorias de conexões (intra)matemáticas. (Elaborado pelos autores)

Categoria	Definição	Exemplo
Múltiplas representações	Utilizar representações alternativas ou equivalentes para um mesmo conceito	Representações por escrita algébrica e por uma curva no gráfico de uma dada função quadrática

Relação parte-todo	Relacionar ideias pela hierarquia entre os conceitos, seja por uma particularidade ou generalização	O quadrado é um tipo específico de retângulo
Processual	Utilizar procedimentos, fórmulas ou algoritmos para relacionar ideias	Utilizar a fórmula resolutiva da equação do 2º grau para determinar suas raízes
Conexões orientadas para o ensino	Utilizar conhecimentos prévios do professor para instruir a prática de ensino de outro conceito	Escolha da linguagem para ensinar determinar assunto
Categórica	Reconhecimento de propriedades que definem um objeto matemático	Um quadrilátero é qualquer polígono que possui quatro lados
Características	Descrever características de um de um conceito matemático	O retângulo possui dois pares de lados paralelos e quatro ângulos retos
Derivação	Um conhecimento matemático serve para construir ou explicar outro	Usar o conhecimento da área e comprimento da circunferência para chegar às fórmulas de superfície e volume de um cilindro
Curriculo	Relacionar tópicos ou ideias que impactem na estrutura curricular	Abordar área de círculo e o comprimento de circunferência para os alunos compreenderem o número π
Reversibilidade	Reconhecer relação bidirecional entre conceitos	A integral e a derivada são operações inversas, assim como a soma e a subtração
Conexão nos significados	Quando é atribuído significado a um objeto matemático	Dizer que a integral é a área sobre uma curva
Metafórica	Relacionar ideias matemáticas com referências sensíveis	Atribuir a curva de um gráfico a noção de caminho percorrido

As *conexões nos procedimentos* e as *conexões por implicação* não foram inseridas na tabela, porque suas definições se embaralham ou estão inseridas em outras. As *conexões nos procedimentos*, de Businskas (2008), têm a definição semelhante à de *conexões processuais*, de Eli et al. (2011). A *conexão por implicação*, de Businskas (2008), se assemelha com a *conexão por derivação*, de Eli et al. (2011). De modo a simplificar a classificação, cada par de categorias semelhantes foi condensado em uma categoria, mantendo as nomenclaturas *processual* e *derivação*. Ao todo, estamos considerando 11 categorias das conexões (intra)matemáticas.

DESENHO METODOLÓGICO

Para reunir e sintetizar as pesquisas, no âmbito das conexões matemáticas, que colaboram com o ensino e a aprendizagem da matemática para o Ensino Médio, realizamos uma investigação de caráter qualitativo (Denzin & Lincoln, 2006), uma vez que este estudo se configura em uma atividade que nos situa no mundo, e consiste em um conjunto de práticas materiais e interpretativas que codificam o objeto a ser analisado por uma série de representações, recorrendo a inúmeras estratégias de análise, como a semiótica, a narrativa, do conteúdo, do discurso etc.

Esta pesquisa tem índole exploratória (Bogdan & Biklen, 2013), procedimento bibliográfico (Lakatos & Marconi, 2003) e método de estudo sistemático da literatura (Arantes, 2025), por se propor a evidenciar o que existe e desvelar lacunas a partir de materiais já elaborados, nomeadamente os artigos científicos sobre as conexões matemáticas voltadas ao Ensino Médio, que estão indexados na base *Scopus*². Sabendo que as primeiras pesquisas no tema aparecem a partir do ano de 2004, e com a finalidade de encontrar os artigos mais atuais sobre as conexões matemáticas, o período selecionado na busca dos periódicos concentrou-se do ano de 2015 ao ano de 2024.

A escolha pela base internacional de dados *Scopus* se deu por ser considerada uma das maiores plataformas multidisciplinares de resumos e citações de literatura, com revisão por pares, e ferramentas bibliométricas para acompanhar, analisar e visualizar as pesquisas, o que garante maior visibilidade e credibilidade perante a comunidade científica. Essa base oferece ferramentas inteligentes e que se diferenciam para contribuir com uma pesquisa bibliográfica, especialmente quando se quer buscar por tendências de

² Acesso pelo endereço eletrônico <https://www.elsevier.com/products/scopus>

publicação internacionais, por meio de idiomas que não sejam exclusivamente o inglês.

A busca inicial dos artigos científicos utilizou os descritores *mathematical connections* ou *mathematical connection* nos parâmetros título, resumo e palavra-chave, considerando que são termos essenciais nesta pesquisa. No âmbito das áreas de conhecimento, selecionamos os artigos classificados em, pelo menos, uma das seguintes áreas: Ciências Sociais, Matemática e Multidisciplinar, perfazendo um total de 171, resultado que guardamos apenas como apontamento quantitativo dos estudos que indicam conexões matemáticas nestas áreas.

Em seguida, como nosso estudo concentra-se nas conexões matemáticas voltadas para o Ensino Médio, acrescentamos os termos *high school* e *mathematics education* na busca pelo corpo do texto, mantendo os descritores anteriores. Foram encontrados 72 artigos, dos quais realizamos a leitura dos resumos e dos enxertos dos textos em que os descritores foram empregados, de modo a compreender se o contexto era condizente com os objetivos desta pesquisa. Esse processo apontou para um total de 33 artigos, escritos majoritariamente na língua inglesa, sendo dois em espanhol e um em português.

Realizamos a leitura integral desses artigos e fizemos uma terceira triagem, excluindo aqueles que não haviam realizado pesquisa sobre as conexões matemáticas e os que não as utilizaram para o ensino e para a aprendizagem de estudantes do Ensino Médio. Além disso, importa destacar que encontramos termos que não eram compatíveis com o que estávamos buscando; por exemplo, *high school* apareceu na expressão *junior high school*, conotação que indica uma pesquisa situada nos anos finais do Ensino Fundamental. Situações como essas nos levaram a preterir alguns textos, chegando a 21 artigos selecionados para usar nesta pesquisa, sobre os quais realizamos fichamentos e registramos informações relevantes, como o objetivo, a síntese dos procedimentos metodológicos, os principais resultados e as considerações.

A partir dos fichamentos, destacamos algumas unidades de análise: *professores, propostas metodológicas, futuros professores, tarefas, função, cálculo, vetores, conteúdos, ensino, aprendizagem, Ensino Médio, estudantes, conexões (intra)matemáticas e (extra)matemáticas*, que nortearam os eixos temáticos usados para a categorização. Em seguida, criamos as categorias, com cautela e vigilância para preservar os princípios de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, produtividade, objetividade e fidelidade,

característicos da análise de conteúdo (Bardin, 2011). A seguir, apresentamos as categorias encontradas e as suas respectivas definições:

1. *Produção de Conexões (Intra)matemáticas por Estudantes do Ensino Médio*: Essa categoria se refere aos estudos sobre conexões (intra)matemáticas que são, majoritariamente, produzidas por estudantes do Ensino Médio, ressaltando a sua importância para a aprendizagem matemática.
2. *Propostas Metodológicas de Ensino que Promovem Conexões*: Essa categoria se refere aos estudos que propõem métodos e modelos para o ensino da Matemática, com ênfase explícita nas conexões matemáticas, cujo foco é a proposta metodológica de ensino.
3. *Conexões (extra)matemáticas entre saberes matemáticos e físicos no Ensino Médio*: Essa categoria se refere aos estudos que investigam as conexões (extra)matemáticas que articulam conhecimentos da Matemática e da Física no contexto do Ensino Médio.
4. *Produção de Conexões Matemáticas por Professores de Matemática*: Essa categoria se refere aos estudos que enfatizam as conexões matemáticas produzidas por professores de Matemática em ambientes profissionais ou formativos.
5. *Produção de Conexões Matemáticas por Futuros Professores de Matemática*: Essa categoria se refere aos estudos que enfatizam as conexões matemáticas produzidas por futuros professores de Matemática na formação inicial docente.

Ressaltamos que, embora tenhamos realizado a busca desde o ano de 2015, o artigo científico mais antigo que encontramos, relacionando as conexões matemáticas e o Ensino Médio, foi publicado em 2017, evidenciando o estado embrionário dos estudos nessa área. No próximo tópico, destacamos os textos organizados em cada categoria.

RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos os 21 artigos científicos organizados nas cinco categorias apontadas anteriormente. As tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 destacam os textos que representam o(s) eixo(s) temático(s) de uma mesma categoria.

Os artigos selecionados para o eixo temático *conexões (intra)matemáticas* constituíram a categoria *Produção de Conexões (Intra)matemáticas por Estudantes do Ensino Médio*. Dentre as cinco categorias

despontadas neste estudo, essa comportou a maior parte das pesquisas: 10 do total de 21. Desses artigos, observamos que seis³ deles apresentavam, no escopo deste eixo, pesquisas com resultados voltados para o uso ou a validação de categorias existentes na literatura, como as destacadas na Tabela 1, ou na sugestão de outras. Por isso, optamos por trazer apenas um artigo que os representasse, cuja autoria é de García-García e Dolores-Flores (2017), que também foi o artigo mais antigo encontrado em todo o estudo sistemático.

Os outros quatro estudos relacionados a esse eixo temático buscaram extrapolar a análise de categorias das conexões matemáticas e contribuíram em outros aspectos, como a compreensão dos processos da produção de conexões (intra)matemáticas. A Tabela 2 indica os artigos que representam esta categoria.

Tabela 2

Dados dos artigos selecionados da categoria Produção de Conexões (Intra)matemáticas por Estudantes do Ensino Médio. (Elaborado pelos autores)

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Revista	País
Intra-mathematical connections made by high school students in performing calculus tasks	Javier García-García e Crisólogo Dolores-Flores	2017	International journal of Mathematical Education in Science and Technology	México
High School Students' Difficulties in Making Mathematical Connections when Solving Problems	Jailani, Heri Retnawati, Ezi Apino e Agus Santoso	2020	International Journal of Learning, Teaching and Educational Research	Indonésia
Analysis of students' mathematical connection abilities in solving problem of	Nanang Diana, Didi Suryadi e Jarnawi	2020	Journal for the Education of Gifted Young Scientists	Indonésia

³ Referimo-nos aos trabalhos de García-García e Dolores-Flores (2017, 2019, 2021), Bairduri et al. (2020), Campo-Meneses et al. (2021) e García-García (2024).

circle material: transposition study	Afgani Dahlan		
Empirical Study of Factors Affecting the Students' Mathematics Learning Achievement	Wawan e Heri Retnawati	2022	International Journal of Instruction Indonésia
Learners' algebraic and geometric connections when solving Euclidean geometry riders	Hans Bila, Kgaladi Maphutha e Paul Mutodi	2024	Pythagoras África do Sul

Do total de artigos desta pesquisa, o trabalho de García-García e Dolores-Flores (2017) foi o pioneiro ao concentrar as conexões matemáticas no contexto do Ensino Médio. Os autores identificaram e classificaram as conexões (intra)matemáticas produzidas por estudantes mexicanos ao resolverem tarefas sobre cálculo. Os resultados indicaram 24 conexões matemáticas, quantificadas e classificadas a partir das categorias apontadas na Tabela 1. Dando seguimento, Bila et al. (2024) pautaram-se no estudo de García-García e Dolores-Flores (2017) para explorar as conexões matemáticas estabelecidas por estudantes do 2.^º ano do Ensino Médio de uma escola pública da África do Sul, ao resolverem exercícios de geometria euclidiana. Os resultados mostram que as conexões matemáticas formam uma trama de relações que permitem a construção de outras conexões. Os autores destacam as conexões do tipo *características* como ponto de partida para resolver problemas de geometria e que, a partir dessas, outras conexões emergem subsequentemente, como as *processuais*.

Jailani et al. (2020) realizaram um estudo de caso para descrever as dificuldades dos estudantes do Ensino Médio em resolver problemas matemáticos, no âmbito do sistema educacional da Indonésia. Dos resultados, os autores identificaram a pouca habilidade dos estudantes em se produzir conexões matemáticas, o que implicou, necessariamente, a falta de compreensão do problema e/ou o êxito com os procedimentos de resolução. As conexões do tipo *parte-todo* destacaram-se como as mais complexas para esses alunos. De modo parecido, o trabalho de Wawan e Retnawati (2022) teve o objetivo de discutir fatores que afetam a aprendizagem matemática, como a ansiedade ao aprender e habilidade em produzir conexões matemáticas. O

estudo quantitativo, realizado com alunos do 2.º ano do Ensino Médio da Indonésia, mostrou que a habilidade em estabelecer conexões matemáticas suscitou a motivação dos estudantes.

O estudo de Diana et al. (2020) teve o objetivo de descrever as habilidades em geometria analítica, de dez estudantes da Indonésia, ao criarem conexões matemáticas envolvendo a equação da circunferência e a equação da reta tangente a ela. Conforme os autores, os resultados permitiram inferir que a produção das conexões foi uma ferramenta eficaz para que os alunos lembressem do que haviam estudado.

No que se tange o eixo temático *propostas metodológicas*, encontramos quatro trabalhos cujos propósitos foram dar ênfase ou recomendar um método de ensino que suscitassem a produção de conexões matemáticas. No entanto, houve dois estudos que apresentaram pesquisas cujos objetivos se afastaram da nossa proposta de análise. Maputha et al. (2023) deram enfoque na proposta metodológica sem apontar a sua relação com as conexões matemáticas que surgiram na pesquisa. Já o estudo de Bicer et al (2023), relacionado ao mesmo eixo temático, defendeu o uso das conexões matemáticas para a promoção de processos criativos nos estudantes, sugerindo um modelo para descrever a relação entre criatividade matemática, habilidade matemática e conexão matemática.

Desse modo, os dois trabalhos que constituíram a categoria *Propostas Metodológicas de Ensino que Produzem Conexões*, por descreverem a produção de conexões matemáticas de estudantes do Ensino Médio a partir do contexto de uma proposta de ensino apresentada, estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3

Dados dos artigos selecionados da categoria Propostas Metodológicas de Ensino que Promovem Conexões. (Elaborado pelos autores)

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Revista	País
Core Model on Improving Mathematical Communication and Connection, Analysis of Students' Mathematical Disposition	R. Poppy Yaniawati, Rully Indrawan e Gita Setiawan	2019	International Journal of Instruction	Indonésia

A pesquisa de Yaniawati et al. (2019) teve o objetivo de aprimorar a comunicação matemática, as conexões matemáticas e a disposição de estudantes indonésios do Ensino Médio para a atividade matemática, a partir do modelo de aprendizagem CORE - (C) conectar conceitos e informações antigas e novas, (O) organizar ideias, (R) refletir, explorar e investigar, (E) expandir, usar e descobrir. Dos resultados, destacamos que os alunos submetidos ao modelo CORE utilizaram e aprimoraram as conexões matemáticas produzidas no estudo de trigonometria.

De modo análogo, Pambudi et al. (2022) realizaram um estudo com objetivo de perceber a eficácia do modelo RME - Educação Matemática Realista na promoção de conexões matemáticas sobre a semelhança de triângulos. O modelo enfatizou a atividade colaborativa entre os alunos do Ensino Médio da Indonésia, a partir de uma metodologia ativa e participativa, em que os estudantes se deslocaram para o pátio da escola e investigaram ações no mastro da bandeira, como a observação dos ângulos entre o mastro e a madeira e a medição dos ângulos e dos comprimentos. Os resultados indicaram que o modelo RME promoveu a produção de conexões (intra)matemáticas e (extra)matemáticas dos alunos.

No que se refere ao eixo temático *conexões (extra)matemáticas*, encontramos três artigos no estudo sistemático. Um deles trouxe contributos voltados à relação entre as conexões (intra)matemáticas e (extra)matemáticas, revelando que, embora ambas as conexões sejam ‘suficientemente boas’, o indicador de conexão entre a matemática e a vida cotidiana não foi suficiente (Rafiepour & Faramarzpour, 2023). Contudo, esse estudo não sugere uma pesquisa intrínseca às conexões (extra)matemáticas, como definido na constituição da categoria *Conexões (extra)matemáticas entre saberes matemáticos e físicos no Ensino Médio*. Podemos ver na Tabela 4 os artigos que representam essa categoria.

Tabela 4

Dados dos artigos selecionados da categoria Conexões (extra)matemáticas entre saberes matemáticos e físicos no Ensino Médio. (Elaborado pelos autores)

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Revista	País
Exploring mathematical connections of pre-university students through tasks involving rates of change	Crisólogo Dolores-Flores, Martha Iris Rivera-López e Javier García-García	2018	International journal of Mathematical Education in Science and Technology	México
Conexiones matemáticas asociadas al concepto vector em un texto de secundaria de la Nueva Escuela Mexicana	Flor Monserrat Rodríguez-Vásquez, Viana Nallely García-Salmerón e Jesús Romero-Valencia	2024	Avances de Investigación en Educación Matemática	México

O trabalho de Dolores-Flores et al. (2018) refere-se às conexões (extra)matemáticas de alunos pré-universitários do México, em tarefas sobre taxa de variação, que conecta o conteúdo matemático com as ideias de velocidade e aceleração da Física. Os autores destacaram a presença de algumas categorias (Tabela 1) entre os conceitos matemáticos, como as *múltiplas representações* e as *processuais*, entretanto, salientaram a ausência de conexões (extra)matemáticas, apontando possibilidades de trabalhos futuros.

A pesquisa de Rodríguez-Vásquez et al. (2024) investigou as conexões matemáticas envolvidas com o conceito de vetor em um livro didático utilizado no Ensino Médio em escolas mexicanas. Os resultados mostram que o conceito de vetor se destaca em conexões (extra)matemáticas com a Física, sendo utilizado para representar fenômenos físicos. Segundo os autores, o vetor é percebido como uma representação pictórica, como em imagens e diagramas, no assunto Equilíbrio de Forças. Por outro lado, no tópico Dinâmica, o vetor é utilizado para representar conceitos como forças, movimento, velocidade e

aceleração, em que são abordados seus principais elementos: módulo, direção e sentido.

No âmbito dos eixos temáticos *professores* e *conteúdos*, encontramos três pesquisas com enfoque na atividade profissional docente, as quais constituem a categoria *Produção de Conexões Matemáticas por Professores de Matemática*, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5

Dados dos artigos selecionados da categoria Produção de Conexões Matemáticas por Professores de Matemática. (Elaborado pelos autores)

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Revista	País
Conexiones matemáticas identificadas en una clase sobre las funciones exponencial y logarítmica	Karen Gisel Campo-Meneses e Javier García-García	2023	Bolema	México
Mathematical connections established in the teaching of functions	Vesife Hatisaru	2023	Teaching Mathematics and its Applications: An international Journal of the IMA	Austrália
Conexões Matemáticas Reveladas na Formação de Professores de Matemática	Daniella Assemany	2024	Bolema	Brasil

Campo-Meneses e García García (2023) realizaram uma investigação com recurso à análise ontosemiótica sobre as conexões matemáticas que emergiram durante as aulas de Matemática no Ensino Médio, acerca de funções exponenciais e logarítmicas. Foi investigada a produção de conexões matemáticas produzidas pelos alunos e, especialmente, pelos professores ao lecionarem o conteúdo. Pelo fato de as funções logarítmicas e exponenciais serem inversas, era esperado que os professores mostrassem a produção de conexões do tipo *reversibilidade*, o que não ocorreu. Os resultados indicaram

que as conexões matemáticas mais utilizadas pelos professores foram as *múltiplas representações, a processual e a característica*.

Hatisaru (2023) descreveu um estudo sobre as conexões matemáticas estabelecidas por professores de Matemática em suas práticas letivas. A autora observou as aulas de 13 professores australianos em turmas do 9.º ano do Ensino Fundamental e do 1.º ano do Ensino Médio, acerca do tema funções. De seguida, dois professores foram selecionados para o estudo de caso, em que Hatisaru (2023) identificou diferentes estratégias de ensino entre eles e, consequentemente, conexões distintas. Dos resultados, ressaltamos que essa diferença nas conexões estabelecidas se dá pelas diferentes crenças sobre a natureza da Matemática e dos processos de ensino e de aprendizagem.

O estudo de Assemany (2024) sublinhou as conexões matemáticas produzidas por professores portugueses do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, em contexto de um curso de formação continuada, sobre o qual o tema vetor foi usado como conhecimento prévio para a produção de conexões em tarefas exploratórias. As categorias de conexões (intra)matemáticas despontadas pelos professores foram as *múltiplas representações, derivação, orientadas para o ensino e currículo*. A autora aponta para a necessidade da produção consciente das conexões matemáticas e da realização de mais estudos no tema, com foco, também, na percepção dos professores sobre as conexões.

A última categoria, *Produção de Conexões Matemáticas por Futuros Professores de Matemática*, se relaciona aos eixos temáticos *futuros professores, ensino e aprendizagem*, e contempla um artigo que se dedica a descrever as conexões matemáticas que emergem de futuros professores de Matemática, em situações de planejamento e acompanhamento de aulas no Ensino Médio, no âmbito do processo de estágio supervisionado (Tabela 6).

Tabela 6

Dados dos artigos selecionados da categoria Produção de Conexões Matemáticas por Futuros Professores de Matemática. (Elaborado pelos autores)

Título do artigo	Autor(es)	Ano	Revista	País
Prospective Teachers' Pedagogical Considerations of Mathematical Connections: A	Jonathon K. Foster e Hwa Young Lee	2021	Mathematics Teacher Education and Development	Estados Unidos

Framework to Motivate Attention to and Awareness of Connections

O estudo de Foster e Lee (2021) foi realizado em oito semanas, com 16 estudantes estadunidenses da licenciatura em Matemática, que participaram de algumas atividades, como o acompanhamento de aulas para o Ensino Médio, a participação em sessões de laboratório junto ao professor regente e a observação dos materiais didáticos e planos de aula.

Os futuros professores, participantes da pesquisa, acompanharam as aulas regidas para o Ensino Médio sobre os seguintes temas: i) álgebra avançada (operações/fatorações com/de polinômios), ii) apoio à álgebra (notação de intervalos, características de funções polinomiais); e iii) pré-cálculo (resolver equações trigonométricas, lei dos senos e lei dos cossenos). As sessões de laboratório tiveram uma hora de duração e necessitaram de um trabalho prévio dos sujeitos da pesquisa para resolver os exercícios propostos pelos pelo professor regente em um fórum online.

Após esse período, emergiram cinco categorias na pesquisa de Foster e Lee (2021), denominadas por: *conexão pela comparação*; *conexão de algo específico a uma generalização*; *conexão de métodos*; *conexão por implicação lógica*; e *conexão com o mundo real*. O trabalho desses autores apresenta contributos para as conexões matemáticas produzidas por futuros professores de Matemática, e, além disso, seus resultados colaboraram nos estudos referentes às categorias das conexões encontradas na literatura (Tabela 1).

A classificação das conexões em categorias foi averiguada na leitura de todos os textos deste estudo sistemático, resultando numa colaboração ocasional, e, por isso, qualificamo-las como contributos transversais para os eixos temáticos que estão sendo analisados (tabelas 2, 3, 4, 5 e 6).

A fim de respeitar as unidades de registro (Bardin, 2011), os eixos temáticos buscaram classificar as conexões produzidas segundo os sujeitos e as suas intenções, discriminando os contextos de estudo e preterindo, nesta pesquisa, do olhar rebuscado acerca dos conteúdos e dos objetos matemáticos cuja conexão foi evidenciada. Embora a relação dos conteúdos abordados na produção das conexões matemáticas não tenha tido lugar na criação das categorias de análise, ao percebermos o grande enfoque nos mesmos temas do currículo de Matemática do Ensino Médio, em detrimento de outros,

concebemos apresentar esses dados para divulgar as nossas percepções e lacunas como contribuições desta pesquisa. A Tabela 7 ressalta os tópicos matemáticos que foram utilizados nos estudos presentes sobre as conexões matemáticas no Ensino Médio.

Tabela 7

Assuntos da Matemática presentes nos artigos selecionados. (Elaborado pelos autores)

Assunto	Temas conectados	Autor(es)
Taxa de variação	Velocidade, aceleração, geometria	Dolores-Flores, Rivera-López e García-García (2018)
Vetores	Geometria plana e espacial, circunferência, trigonometria, funções, matrizes, números inteiros e complexos	Assemany (2024)
Função exponencial e logarítmica	Potenciação, crescimento populacional	Campo-Meneses e García-García (2023)
Equações lineares, trigonometria e circunferência	Fração, equação quadrática, área	Jailani, Retnawati, Apino e Santoso (2020)
Equações e funções lineares	Geometria plana, taxa de variação	García-García (2024)
Cálculo (derivada e integral)	Funções lineares e quadráticas	García-García e Dolores-Flores (2017)
Circunferência	Ângulos, teorema de Pitágoras, sistema de equações	Bila, Maphutha e Mutodi (2024) Diana, Suryadi e Dahlan (2020)
Função	Teoria de conjuntos, contagem	Hatisaru (2023)

No próximo tópico, apresentamos uma análise dos resultados apontados, considerando a sustentação teórica deste trabalho.

ANÁLISE DOS DADOS

Esta pesquisa manifestou cinco categorias delimitadas nos resultados, relacionadas às conexões (intra)matemáticas (dos estudantes, professores e futuros professores), às conexões (extra)matemáticas e às metodologias de ensino que promovem conexões. Por meio delas, despontaram dois eixos transversais: classificações e conteúdos manifestados acerca das conexões matemáticas (tabelas 1 e 7). Portanto, a nossa análise buscou respeitar as diversas interligações que despontaram nesta pesquisa, abandonando a ideia de uma discussão exclusivamente pautada nas cinco categorias.

A identificação das conexões (intra)matemáticas produzidas por alunos na etapa do Ensino Médio (Tabela 2) foi o objetivo da maioria dos artigos selecionados, evidenciando-as como elemento basilar do pensamento matemático. No estudo de Bila et al. (2024), os autores destacaram que, para os alunos obterem êxito ao resolver exercícios de geometria euclidiana, faz-se necessário produzir conexões matemáticas do tipo *características* (Eli et al., 2011), uma vez que classificar triângulos, por exemplo, a partir das características dos seus lados, é essencial para a compreensão do objeto geométrico triângulo. Essa conexão matemática favorece a emersão de outros tipos de conexões matemáticas, apontadas na Tabela 1. De maneira semelhante, na Tabela 4, Dolores-Flores et al. (2018) ressaltaram a importância das conexões *características* no estudo da taxa de variação, como agente propulsor de outras conexões matemáticas. Esses resultados encontram sustentação na concepção de Evitts (2004), que concebe a matemática de forma flexível e constituída por elementos interconectados, o que promove a construção de outras conexões, como uma rede, uma teia, um esquema (Marshall, 1995).

De maneira contígua, na Tabela 2, Diana et al. (2020) trouxeram o exemplo de um aluno que, apesar de reconhecer as fórmulas que poderiam ser empregadas em exercícios sobre a circunferência, demonstrou dificuldades na resolução de um problema do mesmo tema. Embora o cenário da resolução de problemas estimule e provoque a produção de conexões matemáticas (Allevato & Onuchic, 2019), essa produção deve ser contínua e particular ao indivíduo Assemany (2020), o que explica a importância de conexões cada vez mais numerosas, ativas e profundas para que o estudante forme a sua própria trama (Hiebert & Carpenter, 1992). Portanto, ter conhecimento apenas das fórmulas para resolver um problema mostra uma conexão incipiente, fraca, com poucas experiências, que necessita de outras relações entrelaçadas que permitam a

construção de uma rede de memórias, com entendimento de uma matemática como meio e como sistema (Carreira, 2010).

Bila et al. (2024) ratificam seus resultados ao mostrarem que as conexões matemáticas permitem a construção de outras conexões, em conformidade com Gamboa e Figueiras (2014), quando os autores apontam que a rede de ligações e vínculos formada pelas conexões possibilitam a construção de significados e novas conexões com outras ideias matemáticas. De forma semelhante, o trabalho de Diana et al. (2020) destaca as conexões como ferramentas eficazes para os alunos lembrarem do que haviam estudado (Marshall, 1995). Ambos os estudos ressaltam as potencialidades das conexões matemáticas para a aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio e evidenciam a concepção *entremeada* em/por esquemas no conceito de conexões matemáticas.

Nos trabalhos de Diana et al. (2020) e Jailani et al. (2020), da Tabela 2, e Campo-Meneses e García-García (2023), da Tabela 5, os autores se sustentaram na produção de conexões matemáticas de seus alunos para perceber, acompanhar e inferir sobre a compreensão matemática deles. Essa associação direta entre as conexões e a compreensão matemática se fundamenta em diversos autores, dentre eles, destacamos Hiebert e Carpenter (1992), que consideram a compreensão matemática como uma teia de representações de ideias, conexões; seguidos por Carreira (2010) e Assemay (2020), que defendem as conexões matemáticas como alicerces da compreensão matemática.

Na Tabela 2, a pesquisa de Wawan e Retnawati (2022) nos mostra que as conexões matemáticas vão além da relação com a aprendizagem matemática, tendo impactos, também, na motivação dos estudantes ao resolverem atividades. Os autores pontuam que alunos, quando percebem a sua própria produção de conexões, mostram-se mais interessados a estudarem matemática. Conforme Evitts (2004), essa disposição é fundamental para a produção de conexões matemáticas. Esse resultado está em consonância, também, com os princípios do NCTM (2000), quando seus autores notabilizaram as conexões, indicando-as como estratégias para o desenvolvimento da autonomia e da curiosidade dos alunos, impactando diretamente na sua predisposição para aprender.

Na Tabela 5, Hatisaru (2023) destacou a diferença entre as conexões produzidas por dois professores ao lecionarem. Do total de conexões identificadas, 65% se referem às aulas da primeira professora, e 35% às aulas do segundo professor. Embora ambos tenham utilizado as conexões nas mesmas

categorias, observou-se uma grande diferença nas quantidades de cada um. A autora destaca, dentre outras justificativas, que as formações iniciais deles são distintas e há divergência nas opiniões e crenças sobre a Matemática. Esse cenário se apoia em Evitts (2004), que salienta a influência da experiência individual dos sujeitos enquanto propulsora de abordagens singulares, com produção de diferentes conexões matemáticas. Ademais, Hatisaru (2023) ressalta que essa distinção sugere diferentes oportunidades de aprendizagem matemática, manifestando a importância da interação social no processo de aprendizagem (Vygotsky, 1991).

A ênfase na produção de conexões matemáticas pela metodologia das tarefas foi um dos resultados do estudo de Assemany (2024), presente na Tabela 5. Em contexto de um curso de formação continuada, os professores participantes da pesquisa reconheceram o potencial das tarefas exploratórias para a produção de conexões matemáticas, uma vez que essa metodologia permite situações abertas e com diferentes resoluções, instigando o surgimento das conexões do tipo *múltiplas representações* (Businskas, 2008). Destaca-se, na pesquisa, a situação em que os professores aplicam as tarefas exploratórias, realizadas durante a formação, com alunos do Ensino Médio, e regressam ao curso com suas impressões e narrativas circunstanciais. A autora destacou a produção consciente de conexões como um elemento impulsionador para um ensino nutrido de conexões matemáticas, e complementou os estudos de Businskas (2008), Vanegas e Giménez (2018), ao estimular os professores a refletirem sobre as conexões no ensino, despertando-os sobre a importância delas na sala de aula de matemática.

De modo análogo, o trabalho de Foster e Lee (2021), na Tabela 6, suscitou a conscientização das conexões para o ensino (NCTM, 2000). Os autores enfatizaram a marcante produção de conexões matemáticas em discussões sobre as práticas docentes experienciadas pelos futuros professores no decorrer da pesquisa, ressaltando a produção de conexões *orientadas ao ensino* (Businskas, 2008) e conexões no *currículo* (García-García & Dolores-Flores, 2017). Esses resultados sustentam-se em D'Ambrosio (2016), que discute a fragilidade do sistema linear e seriado na educação. Ademais, o estudo manifesta a importância da formação (inicial) docente para se refletir sobre a própria prática profissional, a fim de proporcionar meios de estimular a produção de conexões matemáticas no ensino e na aprendizagem (Allevato & Onuchic, 2019).

Na Tabela 3, os estudos de Yaniawati et al. (2019) e de Pambudi et al. (2022) ressaltam métodos de ensino que se mostraram bem-sucedidos à medida

que os estudantes do Ensino Médio produziram as conexões matemáticas pressupostas pelos autores. As duas pesquisas propõem metodologias – CORE e RME – que convergem para o estímulo da participação ativa dos alunos, estimulando a autonomia ao protagonizarem as atividades, o trabalho colaborativo por meio da organização, resolução e discussão em grupo, e a curiosidade para relacionar ideias matemáticas. Conforme o NCTM (2000), essas características estão intimamente relacionadas à produção de conexões dos alunos, a partir da motivação consciente do professor por meio das suas próprias conexões, norteadoras das atividades propostas, fundamentando, também, o estudo de Foster e Lee (2021), que enfatizam a importância do trabalho colaborativo para que os estudantes estabeleçam conexões matemáticas.

O artigo de Dolores-Flores et al. (2018), que buscou perceber as conexões (extra)matemáticas de estudantes com as ideias de velocidade e aceleração da Física (Tabela 4), destacou uma grande dificuldade dos alunos em estabelecerem conexões (extra)matemáticas a partir do conceito de taxa de variação. Embora o objetivo não tenha se concentrado nas conexões (intra)matemáticas, os autores apontaram para propensão em se produzi-las ao invés relacionar as áreas de Matemática e Física. Os entraves encontrados para conectar a taxa de variação às situações da Física ou da vida real, ressaltam a urgência de estudos sobre as conexões (extra)matemáticas (Vanegas & Giménez, 2018), identificadas em menor quantidade em relação às pesquisas sobre conexões (intra)matemáticas.

Embora não tenha sido o foco deste estudo, e devido ao cenário propedêutico das pesquisas sobre as conexões matemáticas que se referem ao Ensino Médio, consideramos de expressiva relevância acentuar os dados destacados acerca das categorias (Tabela 1) e dos conteúdos matemáticos (Tabela 7) que surgiram nas pesquisas, e estavam presentes de forma transversal nos eixos temáticos.

A classificação em categorias é uma tendência que contribui para o entendimento e o desenvolvimento das pesquisas no tema, uma vez que concebemos a Matemática como uma rede de ideias intimamente relacionadas (NCTM, 1991), um esquema que possibilita a construção de significados e a produção de novas conexões (Gamboa & Figueiras, 2014). Portanto, quanto mais fortes e numerosas forem as conexões, a compreensão matemática será mais intensa e significativa (Hiebert & Carpenter, 1992).

As categorias das conexões que se mostraram presentes nos trabalhos que constituíram as categorias de análise, se referiram às (intra)matemáticas,

apresentadas por ordem de maior frequência: *processuais* (8), *múltiplas representações* (7), *derivação* (6), *características* (5), *parte-todo* (4), *orientadas para o ensino* (4), *conexões nos significados* (2), *reversibilidade* (2), *currículo* (2) e *metafórica* (1), conforme a Tabela 1. Este resultado evidencia que a categoria do tipo *categórica*, de Eli et al. (2011), não foi citada enquanto forma de conexão neste estudo sistemático. Segundo García-García e Dolores-Flores (2017), a categoria *característica* é equivalente à *categórica*, e por isso, escolheram utilizar apenas a primeira em seus textos, o que nos dá indícios para considerar uma parca divulgação das conexões *categóricas*.

No que tange à Tabela 7, observamos que grande parte das pesquisas realizadas com estudantes ou professores do Ensino Médio abordam o tópico de funções, com destaque para a diversidade delas. Também sublinhamos os temas vetores, equações lineares, trigonometria, circunferência e cálculo, que despontaram com maior proeminência. Esses tópicos matemáticos manifestaram-se nos estudos em conexão entre si ou com outros, matemáticos ou não. Por exemplo, a conexão entre velocidade, aceleração, matrizes, sistemas de equações e crescimento populacional (Dolores-Flores et al., 2018), e os vetores, que se conectaram com circunferência, trigonometria, funções, números inteiros e complexos, matrizes e geometria, destacando outras conexões entre estes temas (Assemany, 2024).

Os tópicos destacados em conexão na Tabela 7 corroboram a defesa de uma matemática interconectada (Evitts, 2004), que motiva alunos e professores a perceberem seus conceitos e processos como desdobramentos entre si, como um meio e um sistema (Carreira, 2020), e não somente como assuntos desconexos que distorcem a percepção da Matemática que se refere aos esquemas (Marshall, 1995). Desse modo, os engendramentos apontados na tabela perfazem uma rede de ideias ou processos que são usados para conectar diferentes tópicos em matemática (Coxford, 1995).

Diante desta análise, encaminhamo-nos à seção final do estudo com a percepção de algumas contribuições e a avaliação de que há várias lacunas na literatura sobre as pesquisas no âmbito das conexões matemáticas para o Ensino Médio. Mesmo nos trabalhos sobre conexões matemáticas intrínsecos ao próprio conceito de conexões, ou em cenários variados – Ensino Fundamental, Ensino Superior, formação inicial e continuada de professores –, os resultados ainda são primitivos e demandam de muitos caminhos a serem desbravados no ensino da Matemática (Canavarro, 2017). A intencionalidade do professor ao assumir a produção de conexões em suas metodologias de ensino há de ser a mudança significativa para modificar esse cenário.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Curiosidade. Esperança. Dúvida. Desilusão. Preocupação. Angústia.

A clareza destes sentimentos nos conduz a uma posição consciente de que não há conclusões suficientes que representem a potencialidade das conexões matemáticas para o ensino e a aprendizagem da matemática. Posicionamos esta investigação num cenário de considerações *liminares*, que ressaltam a importância da produção urgente de pesquisas sobre as conexões matemáticas, seja no Ensino Fundamental, no Ensino Médio, no Ensino Superior, na formação inicial e continuada dos professores, ou em outros contextos.

Segundo o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, *liminar* constitui um ponto de transição⁴. Nesse caso, as considerações trazidas aqui compreendem um espaço de tempo indefinido e limitado, em que as contribuições ainda serão escassas, mas têm a perspectiva de tornarem-se objetos formadores de teorias; e as lacunas ressaltarão vácuos e ausências, que podem se transformar em pequenos hiatos.

Descoberta. Ansiedade. Inquietação. Alegria.

Os estudos foram unâimes no que tange à percepção do indivíduo – seja o aluno, o professor ou o futuro professor – quanto à relevância do fazer ou do perceber as conexões matemáticas. Professores e estudantes mostraram-se motivados à atividade matemática enquanto um sistema e um meio, e apropriaram-se das conexões enquanto trama, manifestando a possibilidade de construir outras conexões a partir das produzidas anteriormente. A compreensão matemática foi ratificada com a presença das conexões, cuja conscientização se imbricou no encorajamento e no fomento de produzi-las.

A elaboração ou a utilização de propostas metodológicas de ensino, quando designadas para a produção de conexões matemáticas, se alinham com seu propósito e estimulam a participação ativa dos alunos, a autonomia, o trabalho colaborativo e a curiosidade para relacionar ideias matemáticas. As tarefas exploratórias, o CORE e o RME potencializam, a partir disso, a construção de conexões matemáticas, impulsionando o uso ou a criação de outros métodos de ensino que contribuam com a perspectiva das conexões matemáticas.

⁴ Uma das definições da palavra *liminar*, no Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, 2008-2025, <https://dicionario.priberam.org/liminar>.

Reflexão. Tensão. Descoberta. Organização. (Re)Conhecimento.

As diversas categorias que despontaram nos estudos denotam contributos significativos para perceber e conscientizar sobre as conexões matemáticas, que podem – e devem – ser incorporadas e agrupadas às 11 categorias indicadas na Tabela 1. Importa destacar que, dentre estas, configuraram como a maior propensão de conexões as seguintes categorias: *processual*, *múltiplas representações* e *derivação*. Ademais, ressaltamos o número reduzido de estudos sobre as conexões (extra)matemáticas, figurando 15% do total de artigos utilizados, prevalecendo os trabalhos acerca das conexões (intra)matemáticas.

Ressaltamos, na Tabela 7, os conteúdos matemáticos que foram tratados e conectados nos artigos do estudo. O cenário nos mostra a falta de outros tópicos e campos do conhecimento que podem ser pesquisados à luz das conexões matemáticas no Ensino Médio. Esta pesquisa aponta como perspectivas para trabalhos futuros o estudo das conexões (intra)matemáticas entre outros tópicos do currículo, como: probabilidade, análise combinatória, matemática financeira, áreas, volumes, números racionais, irracionais e reais, medidas de tendência e tantos outros.

Esta investigação se propôs a analisar os artigos indexados na base *Scopus*, de 2015 a 2024, que trazem pesquisas sobre as conexões matemáticas no Ensino Médio. Acreditamos que, muito além de expressar analiticamente e quantitativamente os dados contidos nos estudos, descortinamos o estado embrionário das pesquisas no tema, um cenário sobre o qual não podemos reprimir.

A Desilusão se tornou Esperança. A Angústia se tornou Curiosidade.

A Reflexão virou (Re)Conhecimento. A Descoberta virou Alegria.

Esta investigação se transformou em Denúncia.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

DA e MP conceberam a ideia apresentada. DA desenvolveu a introdução e a fundamentação teórica. MP realizou a pesquisa bibliográfica, criou os métodos de recolha e análise dos dados. DA e MP analisaram os dados conjuntamente. Todos os autores participaram ativamente da discussão dos resultados e da escrita de todo o texto, revisaram e aprovaram a versão final do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allevato, N., & Onuchic, L. (2019). As Conexões Trabalhadas através da Resolução de Problemas na Formação Inicial de Professores de Matemática. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática — RENCIIMA*, 10(2), 1-14. <https://doi.org/10.26843/renclima.v10i2.2334>
- Arantes, T. (2025). Pesquisa Documental, Pesquisa Bibliográfica e Revisão Sistemática: Aspectos Definidores e Breves Considerações. *Cadernos de Estudos Interdisciplinares*, 7(2), e722501. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15799019>
- Assemany, D. (2020). Insubordinação criativa, auto(trans)formação docente e conexões matemáticas: engendrando saberes na autoformação de professores portugueses (358 f.). Tese de Doutoramento em Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.
- Assemany, D. (2024) Conexões Matemáticas Reveladas na Formação de Professores de Matemática. *Boletim de Educação Matemática – Bolema*, Rio Claro – SP, e.230122. v. 38, 1-21. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v38a230122>
- Baiduri, Putri, O., & Alfani, I. (2020). Mathematical connection process of students with high mathematics ability in solving PISA problems. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1527-1537. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.4.1527>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bicer, A., Bicer, A., Capraro, M., & Lee, Y. (2023). Mathematical Connection is at the Heart of Mathematical Creativity. Creativity. *Theories-Research-Applications*, 10(1-2), 2023. 17-40. <https://doi.org/10.2478/ctra-2023-0002>
- Bila, H., Maphutha, K., & Mutodi, P. (2024). Learners' algebraic and geometric connections when solving Euclidean geometry riders. *Pythagoras*, 45(1), a810. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v45i1.810>

- Bogdan, R., & Biklen, S. (2013). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Brasil (2018). Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Educação é a base. Brasília, DF. 598 p.
- Businskas, A. (2008). Conversation about connections: how secondary mathematics teachers conceptualize and contend with mathematical connections (358 f.). Tese de Doutoramento em Filosofia, Universidade Simon Fraser, Canadá.
- Cai, J., & Ding, M. (2017). On mathematical understanding: perspectives of experienced Chinese mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 20(1), 5-29. <https://doi.org/10.1007/s10857-015-9325-8>
- Campo-Meneses, K., Font, V., García-García, J., & Sánchez, A. (2021). Mathematical Connections Activated in High School Students' Practice Solving Tasks on the Exponential and Logarithmic Functions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9), em1998. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11126>
- Campo-Meneses, K. G., & García-García, J. (2023). Conexiones matemáticas identificadas en una clase sobre las funciones exponencial y logarítmica. *Bolema*, Rio Claro (SP), 37(76), 849-871. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n76a22>
- Canavarro, A. P. (2017). O que a investigação nos diz acerca da aprendizagem da matemática com conexões: ideias da teoria ilustradas com exemplos. *Educação e Matemática*, Lisboa. n.º 145, 38-42.
- Carreira, S. (2010). Conexões Matemáticas – Ligar o que se foi desligando. *Educação e Matemática*, Lisboa. n.º 110, 13-18.
- Coxford, A. (1995). The case for connections. In House, P. A. (ed.). *Connecting mathematics across the curriculum*, (pp. 3-12). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- D'Ambrosio, U. (2011). *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade*. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica.
- D'Ambrosio, U. (2016). A Educação Matemática Hoje: porque e como?. In: *Anais XII Encontro Nacional de Educação Matemática*, (pp. 1-5). SBEM, São Paulo, SP.
- Denzin, N. K., & Lincoln, I. (2006). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. Porto Alegre: Artmed.
- Diana, N., Suryadi, D., & Dahlan, J. (2020). Analysis of Students' Mathematical Connection Abilities in Solving Problem of Circle Material: Transposition Study. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(2), 829-842.
<https://doi.org/10.17478/jegys.689673>
- Dolores-Flores, C., Rivera-López, M. I., & García-García, J. (2018). Exploring mathematical connections of pre-university students through tasks involving rates of change. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(3), 369–389.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1507050>
- Eli, J., Mohr-Schroeder, M. J., & Lee, C. W. (2011). Exploring mathematical connections of prospective middle-grade teachers through card-sorting tasks. *Math Ed Res*, 23, 297-319.
<https://doi.org/10.1007/s13394-011-0017-0>
- Evitts, T. (2004). Investigating the mathematical connections that preservice teachers use and develop while solving problems from reform curricula (308 f.). Tese de Doutoramento em Filosofia, Universidade do Estado da Pensilvânia.
- Fischer, R. (1993). Mathematics as a Means and as a System. In Restivo, S., Van Bendegem, J. P., & Fischer, R. (Eds.), *Math Worlds: Philosophical and Social Studies of Mathematics and Mathematics Education* (pp. 113–133). New York: State University of New York Press.

- Foster, J. K., & Hwa, Y. L. (2021). Prospective Teachers' Pedagogical Considerations of Mathematical Connections: A Framework to Motivate Attention to and Awareness of Connections. *Mathematics Teacher Education and Development*, 23(4), 95-118.
- Gamboa, G., & Figueiras, L. (2014). Conexiones en el conocimiento matemático del profesor: propuesta de un modelo de análisis. In González, M. T. et al. (ed.). *Investigación en Educación Matemática XVIII*. Salamanca: SEIEM, 2014, p. 337-344.
- Garcia-Garcia, J. (2024). Mathematical Understanding Based on the Mathematical Connections Made by Mexican High School Students Regarding Linear Equations and Functions. *The Mathematics Enthusiast*, 21(3), article 7. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1646>
- García-García, J., & Dolores-Flores, C. (2017). Intra-mathematical connections made by high school students in performing Calculus tasks. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(2), 227-252.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1355994>
- García-García, J., & Dolores-Flores, C. (2019). Pre-university students' mathematical connections when sketching the graph of derivative and antiderivative functions. *Mathematics Education Research Journal*, 33, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s13394-019-00286-x>
- García-García, J., & Dolores-Flores, C. (2021). Exploring pre- university students' mathematical connections when solving Calculus application problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(6), 912-936.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1729429>
- Hatisaru, V. (2023). Mathematical connections established in the teaching of functions. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 42(3), 207–227.
<https://doi.org/10.1093/teamat/hrac013>
- Hiebert, J., & Carpenter, T. (1992). Learning and teaching with understanding. In Grouws, D. (ed.). *Handbook of research on*

- mathematics teaching and learning*, (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Jailani, Retnawati, H., Apino, E., & Santoso, A. (2020). High School Students' Difficulties in Making Mathematical Connections when Solving Problems. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(8), 255-277.
<https://doi.org/10.26803/ijlter.19.8.14>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo, SP: Atlas.
- Maputha, K., Maoto, S., & Mutodi, P. (2023). Exploring grade 11 learners' mathematical connections when solving two-dimensional trigonometric problems in an activity-based learning environment. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 293–310.
<https://doi.org/10.22342/jme.v14i2.pp293-310>
- Marshall, S. (1995). *Schemas in problem solving*. Cambridge: Cambridge University Press.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional standard for teaching mathematics*. Reston, NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM.
- Pambudi, D. S., Sunardi, & Sugiarti, T. (2022). Learning Mathematics Using a Collaborative RME Approach in the Indoor and Outdoor Classrooms to Improve Students' Mathematical Connection Ability. *Mathematics Education Journal*, 16(3), 303–324.
- Rafiepour, A., & Faramarzpour, N. (2023). Investigation of the mathematical connection's ability of 9th grade students. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 339-352. <http://doi.org/10.22342/jme.v14i2.pp339-352>
- Rezende, W. (2003). *O ensino de Cálculo: Dificuldades de Natureza Epistemológica*. 450f. Tese de Doutoramento em Ensino de Ciências

e Matemática, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo,
São Paulo.

Rodríguez-Nieto, C. A.; Rodríguez-Vásquez, F. M., & Moll, V. F. (2020). A new view about connections: the mathematical connections established by a teacher when teaching the derivative. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1231-1256. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1799254>

Rodríguez-Vásquez, F. M., García-Salmerón, V. N., & Romero-Valencia, J. (2024). Conexiones matemáticas asociadas al concepto vector en un texto de secundaria de la Nueva Escuela Mexicana. *AIEM - Avances de investigación en educación matemática*, 25, 151-173. <https://doi.org/10.35763/aiem25.6442>

Vanegas, Y., & Giménez, J. (2018). Conexões extramatemáticas na formação inicial de docentes. *Estudos Avançados*, 32(94), 153-169. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0012>

Vygotsky, L. (1991). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

Wawan, & Retnawati, H. (2022). Empirical study of factors affecting the students' mathematics learning achievement. *International Journal of Instruction*, 15(2), 417-434. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15223a>

Yaniawati, R. P., Indrawan, R., & Setiawan, G. (2019). Core Model on Improving Mathematical Communication and Connection, Analysis of Students' Mathematical Disposition. *International Journal of Instruction*, 12(4), 639–654. <https://doi.org/10.2933>