ReTER, Santa Maria, v.7. ISSN:2675-9950 Submissão: 14/08/2026 Aprovação: 03/11/2026 Publicação: 11/11/2026

ANIMAÇÕES MATEMÁTICAS DE LADRILHAMENTOS: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE GEOMETRIA

Daiane Deick Machado
Universidade Federal de Santa Maria - ane.deick@gmail.com

Carmen Vieira Mathias
Universidade Federal de Santa Maria – carmen@ufsm.br

Resumo: Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa sobre o uso articulado da Inteligência Artificial (IA), da biblioteca Manim e do aplicativo AniManim na produção de animações matemáticas de ladrilhamentos. O objetivo foi investigar como essa articulação contribui para a aprendizagem de conceitos geométricos e para o desenvolvimento do pensamento computacional em estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental. Fundamentado em estudos sobre pensamento geométrico, tecnologias digitais e pensamento computacional, o estudo caracteriza-se como qualitativo e exploratório, desenvolvido na forma de estudo de caso. Participaram da pesquisa 15 estudantes de uma escola pública. Os resultados indicam que a proposta favoreceu a articulação entre pensamento geométrico e pensamento computacional, evidenciada pela decomposição de problemas, reconhecimento de padrões, elaboração de algoritmos e validação visual de soluções. Conclui-se que a IA pode atuar como mediadora pedagógica na aprendizagem matemática quando utilizada de forma planejada e crítica. Também foram observados avanços na comunicação matemática e na autonomia dos estudantes.

Palavras-chave: Ladrilhamentos; Inteligência Artificial; Pensamento computacional; Ensino de Geometria.

MATHEMATICAL TESSELLATION ANIMATIONS: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTATIONAL THINKING IN GEOMETRY EDUCATION

Abstract: This article presents the results of a study on the articulated use of Artificial Intelligence (AI), the Manim library, and the AniManim application for producing mathematical tessellation animations. The objective was to investigate how this articulation contributes to the learning of geometric concepts and the development of computational thinking among seventh-grade students in elementary education. Grounded in studies on geometric thinking, digital technologies, and computational thinking, the research adopted a qualitative and exploratory approach, developed as a case study. Fifteen students from a public school participated in the study. The results indicate that the proposed activities fostered the articulation between geometric thinking and computational thinking, evidenced by problem decomposition, pattern recognition, algorithm design, and visual validation of solutions. It is concluded that AI can act as a pedagogical mediator in mathematics learning when used in a planned and critical manner. Advances were also observed in mathematical communication and student autonomy.

Keywords: Tessellations; Artificial Intelligence; Computational Thinking; Geometry Education.

Introdução

O ensino de Geometria na Educação Básica exige recursos que favoreçam a visualização, a manipulação de formas e a construção de argumentos matemáticos. Em particular, os ladrilhamentos do plano oferecem um contexto fértil para a exploração de polígonos, ângulos, simetrias, padrões e transformações geométricas. Ao observar uma superfície coberta por formas que se repetem sem sobreposição e sem lacunas, o estudante é convidado a perceber regularidades, formular hipóteses e justificar por que determinadas composições são possíveis e outras não. Essa característica torna o tema relevante para a articulação entre Matemática, cultura visual, tecnologias digitais e investigação em sala de aula.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância de reconhecer a Matemática como uma ciência humana, viva e vinculada à solução de problemas científicos e tecnológicos. No campo da Geometria, o documento orienta o trabalho com transformações geométricas, simetrias, mosaicos e ladrilhamentos, especialmente quando esses conteúdos contribuem para o desenvolvimento do pensamento geométrico e do raciocínio lógico (BRASIL, 2018). A habilidade EF07MA27, por exemplo, relaciona o estudo de ângulos de polígonos regulares à construção de mosaicos e ladrilhamentos, oferecendo uma oportunidade concreta de integrar cálculo, visualização e argumentação.

Além de sua relevância geométrica, os ladrilhamentos apresentam potencial para integrar tecnologias digitais ao ensino de Matemática (RAMÍREZ; OSORIO; GOYCOCHEA, 2021; DE AZEVEDO; ESQUINCALHA; LOZANO, 2018). Conforme Scippo et al. (2025), os recursos computacionais permitem representar padrões de forma dinâmica, explorar transformações geométricas e ampliar processos de visualização. Paralelamente, a crescente presença da Inteligência Artificial (IA) no contexto educacional tem suscitado discussões sobre novas formas de interação entre linguagem natural, representação matemática e produção de conhecimento (CAVALCANTE; LEMOS, 2023; GABRIEL et al., 2025).

Embora existam estudos sobre o ensino de Geometria com tecnologias digitais (SILVA; PAZUCH, 2024) e pesquisas voltadas ao desenvolvimento do pensamento computacional na Educação Básica (MACEDO; ALVES, 2025; BRACKMANN, 2017), conforme Yunianto et al. (2025), ainda são escassas as investigações que analisam como estudantes podem utilizar ferramentas de IA para transformar descrições geométricas em representações visuais

dinâmicas. Da mesma forma, Matobobo et al. (2025) evidenciam que são limitados os estudos que discutem de que modo esse processo pode favorecer, simultaneamente, a aprendizagem de conceitos geométricos e o desenvolvimento de elementos do pensamento computacional.

Com o intuito de explorar essa possibilidade, foi utilizado o AniManim, aplicativo desenvolvido no âmbito desta pesquisa para simplificar a criação de animações matemáticas produzidas com a biblioteca Manim. Utilizado em conjunto com ferramentas de IA, o aplicativo permite converter descrições narrativas elaboradas pelos estudantes em *scripts* executáveis, possibilitando a geração de animações sem exigir conhecimentos prévios de programação. Nessa perspectiva, a tecnologia deixa de ser apenas um recurso de visualização e passa a atuar como mediadora na construção de algoritmos, na explicitação de raciocínios e na validação de ideias matemáticas.

Diante desse contexto, a pesquisa buscou investigar como a articulação entre IA e o aplicativo AniManim contribui para a aprendizagem de conceitos geométricos e para o desenvolvimento do pensamento computacional no estudo de ladrilhamentos com estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental. A relevância do estudo reside em dois aspectos principais. O primeiro refere-se ao uso de tecnologias digitais para ampliar a visualização de conceitos geométricos que, em representações estáticas, podem permanecer abstratos. O segundo diz respeito ao desenvolvimento do pensamento computacional em atividades matemáticas, especialmente quando os estudantes precisam decompor uma construção, reconhecer padrões, organizar passos e revisar instruções para que sejam compreendidas por uma máquina. Desse modo, a proposta não se limita ao uso de uma ferramenta digital, mas busca promover autoria, argumentação e autonomia na produção de recursos didáticos.

Ladrilhamentos, Pensamento Geométrico e Pensamento Computacional

Os ladrilhamentos do plano fazem parte da história de diferentes civilizações e constituem uma forma de organização visual que combina estética, regularidade e funcionalidade. Registros históricos indicam que povos antigos empregavam padrões geométricos em suas construções, utilizando formas repetidas para recobrir superfícies. Segundo Dias e Sampaio (2010, p. 11), “os antigos egípcios [...] desde 4.000 a.C. usavam ladrilhos decorativos na construção de templos e nas grandes pirâmides”. No contexto

matemático, um ladrilhamento pode ser compreendido como a cobertura do plano por figuras que se encaixam sem sobreposição e sem deixar espaços vazios. Essas figuras são denominadas ladrilhos, e sua repetição produz padrões que podem ser analisados a partir de propriedades geométricas.

Além de sua presença em contextos artísticos, arquitetônicos e culturais, os ladrilhamentos possuem significativo potencial educativo por possibilitarem a exploração de conceitos relacionados a polígonos, ângulos, simetrias, congruência e transformações geométricas (DIAS; SAMPAIO, 2010). Para fins desta pesquisa, interessam especialmente os ladrilhamentos bem-comportados, definidos por Dias e Sampaio (2010) como aqueles formados por polígonos regulares, de um ou mais tipos, que se encontram apenas por lados inteiros ou por vértices e apresentam a mesma distribuição de polígonos em torno de cada vértice.

Essas condições tornam os ladrilhamentos bem-comportados adequados ao estudo escolar, pois estabelecem regras claras e visualmente verificáveis. O fato de os polígonos se encontrarem por lados inteiros exige compatibilidade entre os comprimentos das peças. A repetição da mesma configuração em torno de cada vértice garante previsibilidade ao padrão. Já a exigência de que a soma dos ângulos em torno do vértice seja igual a 360 graus permite relacionar o conteúdo a cálculos de ângulos internos de polígonos regulares. Assim, a atividade de ladrilhar o plano mobiliza simultaneamente visualização, cálculo e argumentação.

Nessa perspectiva, a visualização assume papel central no processo de aprendizagem. Leivas e Lutz (2023) destacam que a visualização contribui para o raciocínio espacial e para a formação e manipulação de imagens mentais, sendo fundamental na resolução de problemas geométricos. Nos ladrilhamentos, a visualização aparece quando o estudante antecipa o encaixe de uma peça, imagina uma rotação, reconhece uma translação ou identifica a repetição de um módulo. Esse processo favorece o pensamento geométrico, entendido não apenas como memorização de nomes e fórmulas, mas como capacidade de analisar figuras, decompor formas, investigar propriedades e produzir argumentos.

A BNCC reforça essa perspectiva ao enfatizar, no Ensino Fundamental, a investigação de propriedades geométricas, o trabalho com transformações no plano e a produção de argumentos convincentes (BRASIL, 2018). Nos Anos Finais, os estudantes devem ampliar a

compreensão sobre simetrias, congruência, semelhança e composição de figuras. Os ladrilhamentos permitem trabalhar esses aspectos de forma integrada, pois uma mesma atividade pode envolver identificação de polígonos, cálculo de ângulos, reconhecimento de padrões, uso de malhas, manipulação de peças, elaboração e validação de conjecturas.

A utilização de tecnologias digitais amplia as possibilidades de exploração desses conceitos. Medeiros e Gravina (2015) destacam que recursos computacionais favorecem a visualização de movimentos, invariâncias e transformações que, em representações estáticas, podem permanecer pouco evidentes. Estudos indicam que a integração entre ladrilhamentos e tecnologias digitais contribui significativamente para o desenvolvimento da compreensão geométrica. Foerster (2016), por exemplo, evidencia que a construção de ladrilhamentos em ambientes computacionais favorece a compreensão da congruência de polígonos e o reconhecimento de padrões geométricos.

Além do desenvolvimento do pensamento geométrico, a construção de ladrilhamentos em ambientes digitais aproxima os estudantes de elementos do pensamento computacional. Ao elaborar padrões, identificar regularidades e descrever sequências de transformações, os estudantes mobilizam processos de decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de algoritmos. Briz-Redón e Serrano-Aroca (2018) destacam que atividades que articulam Geometria e programação exigem a identificação de invariantes e a automatização de padrões, favorecendo a transição entre a percepção visual e a abstração matemática. No entanto, a escolha da tecnologia precisa estar vinculada a objetivos pedagógicos claros, para que o recurso não se torne apenas um acessório visual.

A articulação entre Geometria e Computação também pode ser relacionada à perspectiva da geometria da tartaruga, desenvolvida no contexto das contribuições de Papert (1980). Nessa perspectiva, as construções geométricas podem ser organizadas como sequências de instruções, nas quais o estudante antecipa movimentos, define direções, estabelece ângulos e observa os efeitos de suas ações. A construção deixa de ser apenas um desenho final e passa a envolver a elaboração de um procedimento que pode ser descrito, executado e revisado. Essa abordagem aproxima-se da proposta desta pesquisa, na qual os estudantes organizaram descrições narrativas de transformações geométricas antes de convertê-las em scripts e animações.

Essa abordagem também se relaciona à concepção de pensamento computacional proposta por Wing (2006), entendida como uma forma de organizar problemas, formular procedimentos e trabalhar com representações que possam ser interpretadas e executadas. No entanto, nesta pesquisa, o pensamento computacional não é analisado exclusivamente como programação ou automação. Ele é considerado a partir de processos como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de sequências de ações. Essa compreensão também dialoga com Brennan e Resnick (2012), que distinguem conceitos computacionais, práticas de construção e perspectivas relacionadas à autoria, à revisão e à compreensão do processo de produção.

Nessa direção, a Inteligência Artificial (IA) pode ser compreendida como um campo voltado ao desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que exigem formas de raciocínio, reconhecimento de padrões, processamento de linguagem e geração de respostas. Murer (2025) destaca que a IA busca simular aspectos do pensamento humano, enquanto Barcaui (2025) ressalta que sistemas inteligentes se apoiam em modelos capazes de aprender a partir de grandes volumes de dados. No caso da IA generativa, a ferramenta não apenas classifica ou analisa informações, mas também produz textos, imagens, códigos e outras formas de conteúdo.

No contexto desta pesquisa, o ChatGPT foi utilizado como ferramenta de apoio à criação de *scripts* em *Python*/Manim. Seu uso, contudo, não foi planejado como substituição do raciocínio dos estudantes. A ferramenta foi tratada como mediadora entre uma descrição em linguagem natural e um código computacional, exigindo dos estudantes a explicitação do procedimento geométrico a ser realizado. Quanto mais clara e completa era a instrução, maior a chance de a animação gerada corresponder ao padrão imaginado.

A linguagem *Python* foi escolhida por ser uma linguagem de código aberto e amplamente utilizada em diferentes áreas. De acordo com a *Python Software Foundation* (2025), trata-se de uma linguagem de alto nível, de código aberto e de propósito geral. No campo das animações matemáticas, destaca-se a biblioteca Manim, criada por Grant Sanderson e conhecida por sua utilização em vídeos de divulgação matemática (MANIM COMMUNITY DEVELOPERS, 2026). O Manim permite criar animações de gráficos, equações, construções geométricas e objetos matemáticos por meio de *scripts*, isto é, arquivos que descrevem instruções a serem executadas pelo computador.

Entre as barreiras para a utilização direta do Manim na Educação Básica estão a necessidade de lidar com instalação local, configuração do ambiente de desenvolvimento, gerenciamento de dependências e a escrita direta de código. Na época da pesquisa, as alternativas disponíveis para utilizar o Manim diretamente on-line eram, em muitos casos, serviços pagos ou aplicações desenvolvidas e mantidas por usuários independentes, o que poderia comprometer a continuidade do acesso e a estabilidade da ferramenta durante o desenvolvimento da pesquisa. Para reduzir essas barreiras, a pesquisa desenvolveu o AniManim[1] (Figura 1), uma aplicação web acessível diretamente pelo navegador que dispensa instalações no computador do usuário.

Figura 1: Layout da interface principal do AniManim.



Fonte: Dados da pesquisa

O aplicativo funciona por meio de uma interface dividida em dois painéis: em um editor à esquerda, o usuário insere o script computacional, enquanto o painel à direita exibe a animação renderizada em formato de vídeo (.mp4). O processamento ocorre em um servidor em nuvem configurado com as dependências da biblioteca Manim. Assim, o AniManim não gera o código nem se comunica diretamente com o ChatGPT; sua função é receber, executar e renderizar o script inserido pelo usuário.

Portanto, o estudante elabora a descrição narrativa da construção geométrica em linguagem natural, utiliza a Inteligência Artificial (ChatGPT) de forma separada para gerar o script em Python/Manim e, em seguida, copia o código gerado e o cola no AniManim para a renderização visual. Dessa forma, o estudante não precisa dominar previamente a

[1] https://hipopotato.github.io/animanim.html

programação em Python. O foco desloca-se, assim, da digitação de comandos técnicos para a organização lógica da construção.

Esse deslocamento aproxima a proposta do pensamento computacional. A BNCC define o pensamento computacional como a capacidade de compreender, analisar, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas de forma metódica, por meio do desenvolvimento de algoritmos (BRASIL, 2018). Entre os conceitos do pensamento computacional, destacam-se decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e algoritmos. A decomposição ocorre quando um problema complexo é dividido em partes menores. A abstração envolve selecionar informações essenciais e ignorar detalhes que não interferem na solução. O reconhecimento de padrões permite identificar regularidades e reaproveitar estratégias. O algoritmo corresponde à sequência ordenada de passos para resolver um problema. Raabe (2020) e Barichello (2023) ressaltam que esses conceitos podem ser desenvolvidos em atividades escolares, inclusive nas aulas de Matemática, mesmo quando não se utiliza formalmente uma linguagem de programação.

O processo desenvolvido na atividade também pode ser analisado a partir da teoria dos registros de representação semiótica. Para Duval (2006), a aprendizagem matemática envolve a mobilização e a coordenação de diferentes registros de representação, bem como a transformação de uma representação em outra. Nesta pesquisa, a construção geométrica foi inicialmente representada por meio de materiais manipuláveis e desenhos, depois descrita em linguagem natural, organizada em fluxogramas, convertida em código Python/Manim e, finalmente, apresentada como animação. Essas transformações não constituíram apenas mudanças de formato, pois exigiram que os estudantes explicitassem relações geométricas, sequenciassem ações e verificassem se cada representação preservava a intenção da construção inicial.

A descrição narrativa assume papel importante nesse processo. Mathias (2017) define essa forma de representação como uma narração do problema a ser resolvido em linguagem natural. Em vez de escrever um código diretamente, o estudante descreve a construção: qual peça será usada, em que direção ela será deslocada, qual rotação será aplicada, qual eixo de reflexão será considerado e em que ordem as ações devem ocorrer. Essa descrição é um algoritmo em linguagem natural. Posteriormente, ela pode ser representada por um fluxograma, tornando visível a sequência lógica adotada.

Ao articular IA, descrição narrativa, fluxogramas e AniManim, a proposta busca desenvolver uma relação produtiva entre Geometria e Computação. A IA não é apresentada como fonte de respostas prontas, mas como uma ferramenta que exige comandos claros e revisão crítica. O erro deixa de ser apenas uma falha e passa a ser parte do processo de aprendizagem: uma instrução ambígua gera uma animação inadequada, que precisa ser interpretada, corrigida e testada novamente. Nesse sentido, a tecnologia amplia a possibilidade de validação visual e favorece a autoria dos estudantes.

A proposta também se aproxima do estudo de Yunianto et al. (2025), que investigou a integração entre ChatGPT e GeoGebra para favorecer o desenvolvimento do pensamento computacional em atividades matemáticas. Entretanto, o presente estudo se diferencia quanto ao ambiente tecnológico, ao conteúdo matemático e ao percurso de produção adotado. Enquanto Yunianto et al. (2025) articulam o ChatGPT ao GeoGebra, esta pesquisa utiliza o AniManim, desenvolvido para executar scripts da biblioteca Manim e gerar animações de composições geométricas. Além disso, a atividade foi estruturada a partir de ladrilhamentos, peças manipuláveis, descrições narrativas, fluxogramas e transformações geométricas, seguindo o percurso da construção concreta à linguagem natural, ao código e à animação. A contribuição do estudo está, portanto, em analisar como a IA pode mediar a passagem entre diferentes formas de representação de uma construção geométrica, favorecendo a organização do raciocínio dos estudantes e a validação visual de suas instruções.

Metodologia

A pesquisa adotou abordagem qualitativa para investigar como a articulação entre IA e AniManim contribui para a aprendizagem de conceitos geométricos e o desenvolvimento do pensamento computacional no estudo de ladrilhamentos com estudantes do 7º ano. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), pesquisas qualitativas investigam fenômenos em seus contextos naturais, considerando os significados atribuídos pelos participantes e as interações estabelecidas. Assim, o estudo buscou compreender como os estudantes mobilizaram conhecimentos geométricos e elementos do pensamento computacional nas atividades propostas.

Quanto aos objetivos, a investigação caracteriza-se como exploratória. O uso articulado de IA generativa, Manim e AniManim no ensino de ladrilhamentos constitui um campo ainda recente, especialmente quando voltado a estudantes sem experiência em programação. Gil (2019) afirma que pesquisas exploratórias contribuem para desenvolver e esclarecer ideias, permitindo formular problemas mais precisos e levantar possibilidades de investigação posterior. Nesse sentido, o estudo buscou identificar potencialidades, limites e condições pedagógicas para o uso dessas ferramentas em sala de aula.

Quanto aos procedimentos, trata-se de um estudo de caso, pois investigou uma experiência específica em seu contexto real de aplicação. Para Yin (2015), o estudo de caso é pertinente quando o fenômeno analisado está fortemente relacionado ao contexto em que ocorre. Nesta pesquisa, o fenômeno investigado foi o uso do AniManim e da IA para a construção de animações de ladrilhamentos, e o contexto foi uma turma de 7º ano de uma escola municipal localizada no interior do Rio Grande do Sul.

A intervenção foi realizada entre novembro e dezembro de 2025, organizada em cinco encontros com duração de dois períodos de 55 minutos por dia, totalizando 10 períodos escolares (aproximadamente 9 horas e 10 minutos). A pesquisa foi desenvolvida com a participação de 15 estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, todos menores de idade. Antes da realização da intervenção, os participantes foram informados sobre os objetivos e os procedimentos da investigação, e sua participação ocorreu de forma voluntária, mediante o assentimento dos estudantes e a autorização de seus pais ou responsáveis.

Quanto à utilização do ChatGPT, as interações ocorreram em grupos, por meio de uma conta pessoal da professora-pesquisadora, previamente acessada nos Chromebooks da escola. Embora o acesso à conta tenha sido realizado pela professora, os estudantes interagiram diretamente com a ferramenta, formulando e inserindo os comandos em linguagem natural, sob orientação e acompanhamento docente.

. Antes da construção das animações, foram desenvolvidas atividades preparatórias em lápis e papel, envolvendo polígonos, ângulos internos, simetrias e ladrilhamentos. Também foram utilizados materiais manipuláveis, como recortes de polígonos regulares e peças impressas em 3D, todos com lados de mesma medida, a fim de favorecer a experimentação dos encaixes, das transformações geométricas e dos padrões de preenchimento do plano.

A produção dos dados ocorreu por meio da observação da pesquisadora, dos registros escritos produzidos pelos estudantes, dos fluxogramas elaborados pelos grupos, dos cartazes construídos durante a atividade e das animações geradas no AniManim. Esses diferentes registros possibilitaram acompanhar tanto os produtos elaborados quanto os processos de construção, revisão e validação das soluções desenvolvidas pelos participantes. O Quadro 1 apresenta uma síntese das etapas que compuseram a sequência de atividades implementada.

Quadro 1 – Sequência de atividades aplicadas

ATIVIDADE	OBJETIVOS
1. Polígonos e ângulos	Reconhecer e classificar polígonos, compreender a diferença entre polígonos regulares e irregulares e desenvolver o entendimento sobre a medida dos ângulos internos, relacionando a decomposição em triângulos e preparando os estudantes para compreender as condições geométricas necessárias aos ladrilhamentos.
2. Simetrias	Aplicar transformações geométricas (translação, rotação e reflexão), compreendendo como figuras podem ser deslocadas no plano sem alterar forma e medidas, preparando os estudantes para reconhecer e produzir padrões.
3. Ladrilhamentos	Introduzir o conceito de ladrilhamento do plano, analisar condições de preenchimento sem sobreposição e sem lacunas e relacionar a soma dos ângulos ao redor de um vértice com 360°, utilizando peças manipuláveis e aplicação das simetrias para completar padrões.
4. Construção dos Ladrilhamentos	Elaborar protocolo para a construção de padrões de ladrilhamentos e utilizar a IA para transformar essas descrições em *scripts* que, posteriormente, serão utilizados no AniManim para gerar animações dos ladrilhamentos construídos pelos estudantes.
5. Encerramento das Atividades	Sistematizar os conhecimentos construídos, finalizar a produção dos cartazes com os padrões desenvolvidos, promover a socialização das produções e consolidar os conceitos de polígonos, simetrias e ladrilhamentos trabalhados ao longo da sequência didática.

Fonte: Sistematizado pelas autoras

A organização da sequência foi planejada para que os estudantes não utilizassem a IA de forma imediata. Inicialmente, exploraram conceitos geométricos relacionados a polígonos, ângulos, simetrias e ladrilhamentos por meio de atividades em lápis e papel e materiais manipuláveis. Em seguida, construíram padrões geométricos, registraram procedimentos e elaboraram descrições narrativas das ações realizadas. Somente após essas etapas as descrições foram utilizadas para a geração de *scripts* em *Python*/Manim por meio da IA, posteriormente executados no AniManim. Essa organização buscou preservar a centralidade

do raciocínio matemático, utilizando a tecnologia como ferramenta de mediação e não como substituta da atividade intelectual dos estudantes.

A análise dos dados foi conduzida de forma interpretativa, orientada por três dimensões analíticas: pensamento geométrico, pensamento computacional e uso pedagógico da inteligência artificial. Essas dimensões foram definidas a partir dos objetivos da pesquisa e do referencial teórico adotado, sendo operacionalizadas por meio dos indicadores apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Dimensões consideradas

DIMENSÃO ANALISADA	INDICADORES OBSERVADOS
Pensamento geométrico	Reconhecimento de polígonos, análise de ângulos, utilização de simetrias, construção e validação de ladrilhamentos
Pensamento computacional	Decomposição de problemas, reconhecimento de padrões, abstração e elaboração de algoritmos
Uso pedagógico da IA	Formulação e revisão de instruções, interpretação dos resultados e validação das animações produzidas

Fonte: Sistematizado pelas autoras

Inicialmente, os registros escritos, fluxogramas, cartazes e animações foram examinados individualmente. Em seguida, foram identificadas evidências relacionadas à mobilização de conceitos geométricos, à utilização de elementos do pensamento computacional e às formas de interação dos estudantes com a IA durante a construção das animações. A definição dessas dimensões analíticas foi orientada pelo referencial teórico adotado na pesquisa. A mobilização de conceitos geométricos foi analisada a partir de elementos relacionados ao pensamento geométrico, tais como o reconhecimento de polígonos, a análise de ângulos, a utilização de simetrias e a compreensão das condições necessárias para a construção de ladrilhamentos. Os elementos do pensamento computacional foram identificados por meio de processos de decomposição, abstração, reconhecimento de padrões e elaboração de algoritmos, conforme as orientações da BNCC Computação (BRASIL, 2022) e contribuições de Raabe (2020).

Por sua vez, a dimensão pedagógica concentrou-se na análise das interações dos estudantes com a IA, considerando aspectos como reformulação de instruções, interpretação dos resultados gerados e validação das animações produzidas.

A partir da articulação dessas dimensões, buscou-se compreender não apenas as animações produzidas, mas principalmente os processos de raciocínio envolvidos na

transformação de construções geométricas em sequências de ações capazes de serem interpretadas por uma ferramenta computacional.

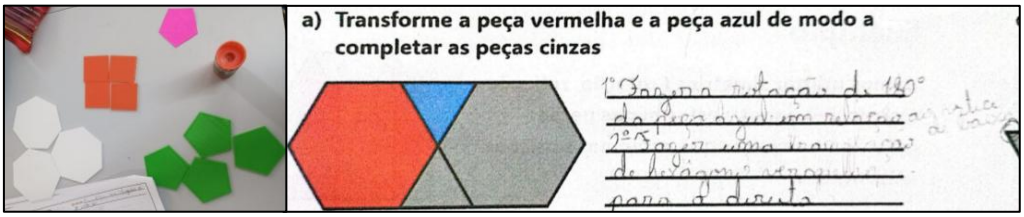
Resultados e Discussão

A análise dos dados foi organizada em três eixos que refletem as etapas centrais da proposta desenvolvida: a construção de conceitos geométricos sobre ladrilhamentos; a transição da descrição narrativa para animações via IA e AniManim; e as evidências do desenvolvimento do pensamento computacional.

i) Construção dos conhecimentos geométricos sobre ladrilhamentos

Nas etapas preparatórias, os estudantes exploraram as propriedades dos polígonos regulares, transformações geométricas (translação, rotação e reflexão) e as condições para o preenchimento do plano sem lacunas ou sobreposições, cuja soma dos ângulos ao redor de cada vértice deve ser de 360°. A manipulação de peças impressas em 3D e tarefas em papel permitiu experimentar encaixes e simetrias (Figura 2a e 2b).

Figura 2 – (a) Composições de polígonos regulares de um mesmo tipo; (b) Aplicação de simetrias para completar padrões.



Fonte: Dados da pesquisa

Entre as atividades realizadas, a utilização dos materiais manipuláveis foi a que despertou maior interesse e envolvimento dos estudantes. A manipulação das peças permitiu que eles formulassem hipóteses, testassem possibilidades e justificassem suas escolhas com base em propriedades geométricas para realizar as transformações solicitadas. Nesse processo, os alunos identificavam regularidades, como os movimentos angulares e a organização das peças, e analisavam as transformações de forma concreta. Em movimentos como a translação, por exemplo, embora compreendessem e quisessem aplicar a transformação, encontravam dificuldades para descrever o deslocamento com base em uma

unidade de medida formal. A validação de suas conjecturas ocorria à medida que executavam fisicamente os movimentos de cada etapa utilizando as próprias peças manipuláveis.

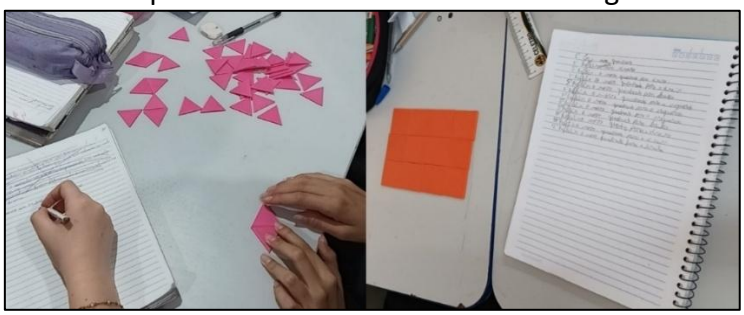
Outro aspecto relevante observado foi a relação entre erro e aprendizagem. Quando os estudantes descreviam movimentos de forma incompleta, a reprodução das instruções frequentemente resultava em construções diferentes das pretendidas. Ao confrontar o resultado obtido com o resultado esperado, identificavam informações ausentes, como direção, sentido ou medida de uma rotação. Essa experiência antecipou uma dificuldade que reapareceria posteriormente no uso da IA: assim como ocorre em um algoritmo, a ferramenta interpreta apenas aquilo que é explicitamente informado.

Dessa forma, as atividades preparatórias não constituíram etapas isoladas da tecnologia, mas um momento de construção conceitual que preparou os estudantes para elaborar descrições mais precisas das construções geométricas. Ao identificar padrões, decompor ações e organizar sequências de passos, os participantes passaram a mobilizar elementos que seriam posteriormente associados ao pensamento computacional e à produção das animações no AniManim.

ii) Da descrição narrativa à geração de animações

Após as atividades preparatórias, cada grupo escolheu um polígono regular, um optou pelo triângulo equilátero e os outros dois pelo quadrado, para elaborar uma composição que representasse um ladrilhamento regular. Nenhum grupo escolheu o hexágono regular, e as opções selecionadas foram mantidas ao longo da atividade. Os estudantes foram orientados a registrar, em linguagem natural, o passo a passo da construção para que outra pessoa pudesse reproduzi-la fielmente. Com o auxílio das peças impressas em 3D, simularam os movimentos e discutiram as transformações necessárias (translação, reflexão ou rotação). Esse processo exigiu a decomposição do problema em ações elementares: no caso dos quadrados, descreveram deslocamentos horizontais e verticais sucessivos; nos triângulos equiláteros, precisaram considerar a alternância das orientações e as rotações para assegurar a continuidade do ladrilhamento (Figura 3).

Figura 3 – Protocolo do padrão de ladrilhamento com triângulos e com quadrados



Fonte: Dados da pesquisa

Com o intuito de converter as descrições narrativas em animações no AniManim, os estudantes dirigiram-se à sala multimídia, onde interagiram com o ChatGPT, na versão gratuita GPT-5, por meio de uma conta cujo acesso foi realizado pela professora nos Chromebooks da escola. Antes da elaboração dos prompts específicos para cada etapa do ladrilhamento, os estudantes receberam orientações sobre como iniciar a interação e indicar o tipo de resposta esperado. O prompt inicial, elaborado conjuntamente pela professora e pelos estudantes, foi: “vamos criar uma animação de um ladrilhamento, em Python e Manim, a partir de passos que serão informados a seguir”. A partir dessa orientação, os próprios estudantes apresentaram à IA as descrições das construções e acompanharam sua conversão em scripts Python/Manim, que foram posteriormente copiados e inseridos no AniManim para renderização. Nesse processo, a IA atuou como mediadora entre a linguagem natural e o código computacional, enquanto os estudantes analisaram as animações produzidas e realizaram ajustes quando necessário. No Quadro 3, apresentam-se os prompts sequenciais elaborados por um dos grupos para a construção de uma composição com triângulos equiláteros.

Quadro 3 – Prompts elaborados pelos alunos

PASSO	PROMPT ENVIADO A IA
1	Faça um triângulo equilátero rosa com a borda branca
2	Faça a rotação de 60 graus do triângulo em relação ao vértice esquerdo no sentido horário e crie uma cópia
3	Faça a rotação de 60 graus do novo triangulo criado em relação ao vértice esquerdo no sentido horário e crie uma cópia
4	Faça a rotação de 60 graus do novo triangulo criado em relação ao vértice esquerdo no sentido horário e crie uma cópia
5	Faça a rotação de 60 graus do novo triangulo criado em relação ao vértice direito no sentido horário e crie uma cópia
5	Faça a rotação de 60 graus do novo triangulo criado em relação ao vértice direito no sentido anti-horário e crie uma cópia

6	Faça a rotação de 60 graus do último triangulo criado em relação ao vértice esquerdo no sentido anti-horário e crie uma cópia
7	Ajuste o ladrilhamento para caber na tela

Fonte: Sistematizado pelas autoras

A partir dessa sequência de instruções em linguagem natural, a Inteligência Artificial gerou os scripts em Python com a biblioteca Manim. Cabe destacar que esse processo ocorreu de forma incremental: a cada etapa concluída, os estudantes acessavam a página do AniManim, colavam o código gerado, renderizavam a animação e verificavam na tela se o movimento correspondia ao planejado, ajustando as instruções sempre que identificavam alguma inconsistência. A Figura 4 apresenta a estrutura do código final obtido pelo Grupo 1.

Figura 4– Código final da animação de um ladrilhamento formado por triângulos

```
from manim import *

class TriangleRotationScene(Scene):
    def construct(self):
        # --- PASSO 1: Triângulo original ---
        tri = RegularPolygon(n=3, start_angle=PI/2)
        tri.scale(2)
        tri.set_fill(PINK, opacity=1.0)
        tri.set_stroke(WHITE, width=8)

        self.play(Create(tri), run_time=2)
        self.wait(0.5)

        # --- PASSO 2: rotação 60° horário, pivot no vértice esquerdo ---
        left_vertex_1 = tri.get_vertices()[0]
        tri_copy1 = tri.copy()
        tri_copy1.rotate(-PI/3, about_point=left_vertex_1)
        self.play(FadeIn(tri_copy1), run_time=1.5)
        self.wait(0.5)

        # --- PASSO 3 ---
        left_vertex_2 = tri_copy1.get_vertices()[0]
        tri_copy2 = tri_copy1.copy()
        tri_copy2.rotate(-PI/3, about_point=left_vertex_2)
        self.play(FadeIn(tri_copy2), run_time=1.5)
        self.wait(0.5)

        # --- PASSO 4 ---
        left_vertex_3 = tri_copy2.get_vertices()[0]
        tri_copy3 = tri_copy2.copy()
        tri_copy3.rotate(-PI/3, about_point=left_vertex_3)
        self.play(FadeIn(tri_copy3), run_time=1.5)
        self.wait(0.5)

        # --- PASSO 5: agora anti-horário em torno do vértice direito ---
        right_vertex_4 = tri_copy3.get_vertices()[1]
        tri_copy4 = tri_copy3.copy()
        tri_copy4.rotate(+PI/3, about_point=right_vertex_4)
        self.play(FadeIn(tri_copy4), run_time=1.5)
        self.wait(0.5)

        # --- PASSO 6: 60° anti-horário em torno do VÉRTICE ESQUERDO ---
        left_vertex_5 = tri_copy4.get_vertices()[0]
        tri_copy5 = tri_copy4.copy()
        tri_copy5.rotate(+PI/3, about_point=left_vertex_5)
        self.play(FadeIn(tri_copy5), run_time=1.5)
        self.wait(1)


         # --- PASSO 7: Ajustar todo o ladrilhamento para caber na tela ---
        group = VGroup(tri, tri_copy1, tri_copy2, tri_copy3, tri_copy4, tri_copy5)

        # Centraliza tudo
        group.move_to(ORIGIN)

        # Faz um scale suave para garantir que tudo cabe na câmera
        group.scale(0.8)

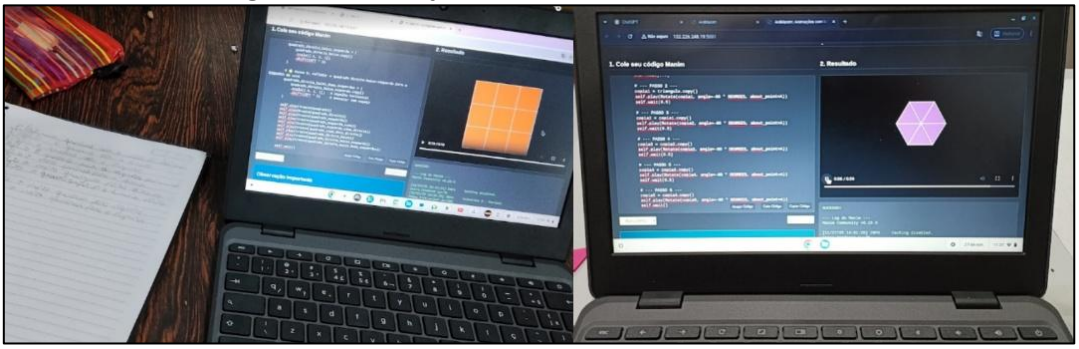
        # Anima o ajuste
        self.play(Transform(group, group))
        self.wait(1)
```

Apagar Código

Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 5 ilustra algumas composições, formadas por quadrados e triângulos equiláteros, produzidas com o auxílio da IA e do AniManim. Essas composições foram elaboradas a partir de padrões de ladrilhamentos regulares trabalhados nas atividades, não tendo como objetivo representar a cobertura completa e infinita do plano.

Figura 5 – Animações obtidas ao utilizar o AniManim



Fonte: Dados da pesquisa

É importante esclarecer que as imagens apresentadas representam composições baseadas em padrões de ladrilhamento, e não ladrilhamentos do plano propriamente ditos. A definição de ladrilhamento foi apresentada aos estudantes, que também foram orientados a compreender aquelas representações como partes ou composições pertencentes a padrões capazes de recobrir o plano sem lacunas ou sobreposições. Assim, embora as animações mostrassem apenas uma quantidade limitada de peças, as construções permitiam discutir como esses padrões poderiam ser ampliados para cobrir o plano.

Essas situações evidenciaram que a utilização da IA exigia a explicitação de propriedades geométricas que frequentemente permanecem implícitas em atividades convencionais. A ferramenta passou, assim, a desempenhar um papel de validação das descrições produzidas pelos estudantes, tornando visíveis inconsistências que poderiam passar despercebidas em representações estáticas.

Outro aspecto observado envolveu ajustes visuais nas animações. Ao perceberem que uma única cor dificultava distinguir peças adjacentes ou sobrepostas, alguns grupos passaram a solicitar contornos, cores alternadas e preenchimentos distintos. Esses ajustes não foram apenas estéticos, mas também favoreceram a visualização das propriedades geométricas dos padrões. Observa-se que, embora os estudantes não tenham se sentido confortáveis em variar o tipo de simetria na transformação de cada figura em outra, preferindo utilizar transformações repetitivas, a professora manteve a autonomia dos grupos na decisão de como construir e organizar a descrição narrativa.

Cabe ressaltar que, embora a IA procure atender ao que é solicitado, ela pode interpretar ou completar informações ausentes, produzindo respostas diferentes ou comandos inadequados. Segundo Machado e Mathias (2026), em testes exploratórios com construções geométricas e ladrilhamentos, algumas descrições foram reapresentadas para observar possíveis ambiguidades nas respostas geradas pela IA. Durante a atividade com os estudantes, contudo, não foram identificados erros significativos, possivelmente porque os comandos eram simples e cada etapa correspondia à criação de uma nova peça, sem uma expansão mais geral da construção. Assim, a animação funcionou como recurso de validação e discussão, com mediação docente. Considera-se que construções mais complexas poderiam

exigir maior detalhamento das instruções e uma mediação mais intensa para identificar e corrigir possíveis inadequações nas respostas geradas pela IA.

A experiência mostrou que a IA pode contribuir para a aprendizagem quando colocada em uma posição intermediária, e não final. A ferramenta não decidiu qual ladrilhamento construir, não substituiu a manipulação concreta e não dispensou a revisão dos estudantes. Seu papel foi converter descrições em código e permitir que os grupos visualizassem as consequências de suas próprias instruções. Nesse sentido, a interação com a IA favoreceu uma postura mais crítica diante das produções geradas, uma vez que os estudantes passaram a compreender a necessidade de testar, interpretar e revisar continuamente os resultados obtidos.

Ao final da atividade, os estudantes organizaram as descrições das construções em fluxogramas e os compartilharam com a turma. Essa etapa possibilitou sistematizar e comunicar a sequência de ações utilizada por cada grupo, tornando mais visíveis as etapas da construção e as decisões tomadas durante o processo. Os fluxogramas foram utilizados, portanto, como forma de registro e socialização dos procedimentos desenvolvidos, e não como foco principal da produção das animações.

i) Evidências de pensamento computacional na atividade

A análise dos registros dos estudantes permitiu identificar relações entre os conhecimentos geométricos e alguns elementos do pensamento computacional. Foram considerados os materiais manipuláveis, os registros escritos, os prompts, as animações e as correções realizadas pelos grupos. O Quadro 4 apresenta as principais evidências observadas relacionadas com os indicadores descritos no Quadro 2.

Quadro 4 – Dimensões consideradas x evidências observadas

DIMENSÃO E INDICADORES	EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS OBSERVADAS NOS GRUPOS
Pensamento geométrico	
Reconhecimento de polígonos e análise de ângulos	Identificação das propriedades dos polígonos regulares escolhidos, constatando que 6 triângulos equiláteros (60°) ou 4 quadrados (90°) preenchem a soma de 360° em torno de um vértice, garantindo a ausência de lacunas.
Utilização de simetrias	Emprego de rotações sucessivas de 60° em torno do vértice para composições triangulares e de reflexões para quadrangulares.
Construção e	Experimentação tátil prévia com peças impressas em 3D para testar os

validação de ladrilhamentos	encaixes fisicamente e validar a ausência de sobreposições antes do registro escrito.
Pensamento computacional	
Decomposição de problemas	Fracionamento da figura final em etapas elementares encadeadas: criação da peça inicial, duplicação e aplicação da transformação geométrica.
Reconhecimento de padrões	Percepção de que determinadas transformações e movimentos se repetem na construção do ladrilhamento, contribuindo para a organização da sequência de ações e para a elaboração das instruções.
Abstração	Seleção intencional dos parâmetros geométricos indispensáveis para a geração da animação (como ângulo, sentido, eixos de simetria e cores de contorno), descartando informações secundárias da manipulação física.
Elaboração de algoritmos	Estruturação de protocolos passo a passo em linguagem natural.
Uso pedagógico da IA	
Formulação e revisão de instruções	Reformulação de prompts iniciais ambíguos (ex.: *"reflita para o lado"*) para comandos precisos contendo indicação explícita de sentido, eixos e pontos de referência.
Interpretação de resultados e validação no AniManim	Diagnóstico autônomo de sobreposições na tela do Chromebook ao notar que a omissão do sentido angular fazia a peça girar sobre a anterior, corrigindo o prompt na IA.

Fonte: Sistematizado pelas autoras

A decomposição tornou-se evidente quando os estudantes precisaram transformar um ladrilhamento completo em uma sequência de ações elementares. Em vez de descrever o padrão como uma figura pronta, os grupos passaram a registrar procedimentos como criar uma peça inicial, realizar cópias, deslocar objetos e repetir movimentos. Nos padrões construídos com triângulos equiláteros, por exemplo, a alternância das orientações exigiu que a composição fosse fragmentada em etapas sucessivas, evidenciando a necessidade de dividir um problema complexo em partes menores e mais manejáveis.

É necessário distinguir o reconhecimento de uma repetição de sua generalização computacional. Neste trabalho, o pensamento computacional é compreendido como uma forma de organizar o raciocínio, e não como o desenvolvimento de programas ou a utilização sistemática de laços, funções e parâmetros. Reconhecer padrões significa perceber que uma mesma transformação ou sequência de ações aparece novamente na construção. No contexto desta atividade, os estudantes demonstraram principalmente essa competência, identificando movimentos repetidos e compreendendo sua função na organização dos ladrilhamentos e das instruções. A generalização computacional, entendida como a

formulação de uma regra aplicável a diferentes casos, não foi explorada de maneira sistemática, constituindo uma possibilidade de aprofundamento para trabalhos futuros.

O reconhecimento de padrões esteve presente quando os estudantes identificaram que as mesmas transformações podiam ser repetidas para ampliar a composição. Ao perceber que uma linha de quadrados poderia ser gerada por reflexões sucessivas, por exemplo, passaram a compreender que a construção completa dependia de uma regra repetitiva. Essa percepção aproxima o ladrilhamento da ideia de algoritmo, pois a regra pode ser reaplicada quantas vezes forem necessárias para expandir o padrão.

A abstração apareceu quando os estudantes precisaram escolher quais informações deveriam ser comunicadas à IA. Na manipulação concreta, muitos detalhes são percebidos pelo corpo e pelo olhar, mas não são verbalizados. Ao escrever a instrução, esses detalhes precisam ser filtrados: cor, forma, lado, posição inicial, direção, sentido, distância, eixo ou centro de rotação. Elementos irrelevantes para a construção podem ser omitidos, enquanto elementos essenciais não podem faltar. Essa seleção é uma forma de abstração aplicada a uma situação geométrica.

Por fim, a noção de algoritmo materializou-se nas descrições narrativas e nos fluxogramas. A sequência de passos tornou-se um objeto de análise: podia ser lida, testada, executada, corrigida e comparada ao resultado esperado. A IA e o AniManim ampliaram esse processo ao transformar o algoritmo em animação, oferecendo uma forma de validação visual. Quando a animação não correspondia ao planejado, os estudantes voltavam à descrição, ajustavam a instrução e testavam novamente. Esse ciclo de tentativa, erro, depuração e validação é característico de práticas computacionais e, ao mesmo tempo, profundamente matemático.

Do ponto de vista pedagógico, a principal potencialidade observada foi a mudança de postura dos estudantes diante do registro escrito. Inicialmente, alguns consideravam desnecessário escrever o passo a passo de uma construção que julgavam evidente. Contudo, ao testarem as instruções na IA e no AniManim, perceberam que o registro determinava o resultado. A escrita deixou de ser uma exigência formal da atividade e passou a ser condição para que a animação funcionasse. Esse deslocamento atribuiu sentido ao registro matemático.

Outro aspecto relevante foi a autonomia na identificação de erros. Em vez de depender sempre da correção da professora, os estudantes puderam confrontar sua descrição com a animação obtida. Esse confronto produziu uma forma de feedback imediato: a figura animada mostrava se a instrução era suficiente, ambígua ou incorreta. A professora continuou sendo essencial para orientar a análise, discutir conceitos e problematizar o uso da IA, mas o erro tornou-se visível para os próprios estudantes.

A prática também indicou limites. O uso da IA exige acesso à internet, equipamentos disponíveis e mediação docente. Além disso, a ferramenta pode gerar códigos com soluções inesperadas, comandos desnecessários ou estruturas difíceis de compreender para iniciantes. Por isso, a proposta não dispensa planejamento nem acompanhamento. A IA deve ser usada como recurso de apoio à aprendizagem, e não como mecanismo de terceirização do pensamento. Quando o estudante apenas solicita uma resposta pronta, perde-se a oportunidade de desenvolver raciocínio geométrico e computacional.

Apesar desses limites, os resultados apontam que o uso integrado da IA e do AniManim favoreceu a visualização dinâmica de propriedades geométricas e aproximou os estudantes de práticas algorítmicas. A animação permitiu observar transformações em sequência, reconhecer sobreposições, verificar padrões e aprimorar a comunicação matemática. Assim, a produção das animações constituiu não apenas uma atividade tecnológica, mas uma oportunidade de reorganização e explicitação do raciocínio matemático dos estudantes.

Considerações Finais

Este artigo apresentou os resultados de uma pesquisa sobre a produção de animações matemáticas de ladrilhamentos, articulando Inteligência Artificial, a biblioteca Manim, o aplicativo AniManim e elementos do pensamento computacional. O objetivo foi investigar como esse uso articulado poderia apoiar a aprendizagem de conceitos geométricos e a organização do raciocínio dos estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental.

No contexto investigado, as atividades com ladrilhamentos possibilitaram explorar visualização, manipulação, cálculo de ângulos, reconhecimento de padrões e análise de transformações geométricas. As etapas preparatórias, realizadas com lápis, papel e materiais manipuláveis, contribuíram para a construção de conhecimentos antes da utilização da tecnologia. A proposta concentrou-se em ladrilhamentos regulares com quadrados e

triângulos equiláteros, em articulação com os conteúdos da disciplina e com o tempo disponível para o desenvolvimento das demais atividades. Não foram explorados ladrilhamentos semirregulares, nem se pretendeu representar uma cobertura completa e infinita do plano.

O uso articulado da IA e do AniManim mostrou-se viável, no contexto da pesquisa, para transformar descrições narrativas em animações matemáticas. O fluxo não envolveu integração técnica direta entre as ferramentas: os estudantes interagiram com o ChatGPT para obter os scripts em Python/Manim e, posteriormente, inseriram manualmente os códigos no AniManim para realizar a renderização. Mesmo sem conhecimentos prévios de programação, eles elaboraram sequências de ações, testaram instruções, analisaram os resultados e realizaram reformulações. Esses procedimentos constituíram indícios de mobilização de elementos do pensamento computacional, como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e organização de algoritmos em linguagem natural.

A animação também funcionou como recurso de validação visual das instruções. Ao identificarem movimentos inadequados, sobreposições ou resultados diferentes do planejado, os grupos puderam retomar as descrições e reformulá-las. Esse processo favoreceu a explicitação das propriedades geométricas e tornou mais visível a relação entre a descrição de uma construção, sua representação computacional e o resultado animado. Ao final da atividade, os fluxogramas foram utilizados como forma de sistematização e socialização das descrições produzidas pelos grupos com a turma.

A experiência reforça a importância da mediação docente no uso educacional da IA. A ferramenta não garantiu a correção matemática dos resultados nem substituiu a análise dos estudantes. Foi necessário orientar a formulação das instruções, acompanhar a geração dos códigos, discutir as respostas produzidas e avaliar as animações obtidas. Além disso, a realização da proposta dependeu do acesso à internet, dos equipamentos disponíveis, da organização do tempo escolar e da disponibilidade de um ambiente de execução adequado.

Como limitação, destaca-se que a experiência foi realizada com uma turma específica, composta por 15 estudantes de uma escola pública. Por se tratar de um estudo de caso qualitativo e exploratório, os resultados não permitem generalizações sobre os efeitos da IA ou do AniManim em outros contextos. Eles devem ser compreendidos como evidências situadas das possibilidades e dos limites observados nessa experiência. Também é necessário

considerar que as produções se restringiram a composições com quadrados e triângulos equiláteros, não abrangendo outros tipos de ladrilhamentos ou construções geométricas mais complexas.

Conclui-se que, no contexto desta pesquisa, o uso articulado da IA, do AniManim e das atividades de Geometria constituiu uma possibilidade de apoiar a passagem entre a manipulação concreta, a descrição de procedimentos e a representação visual dinâmica. A proposta favoreceu a organização das instruções, a revisão dos procedimentos e a discussão de relações entre pensamento geométrico e pensamento computacional. Estudos futuros poderão investigar essa abordagem com outras turmas, diferentes polígonos, ladrilhamentos semirregulares e composições mais amplas, bem como analisar de forma mais sistemática os efeitos desse tipo de atividade sobre a aprendizagem matemática.

Referências

AZEVEDO, Thiago; ESQUINCALHA, Agnaldo; LOZANO, Abel**. Geogebra Book, Smartphones e Ladrilhamentos no Plano.** Revista de Educação, Ciências e Matemática, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, 2018. Disponível em: https://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4854. Acesso em: 20 mai. 2026.

BARCAUI, André. **Guia da inteligência artificial: do iniciante ao nerd.** 1. ed. Rio de Janeiro: Actual, 2025.

BARICHELLO, Leonardo**. Pensamento Computacional.** 2. ed. Rio de Janeiro: IMPA, 2023.

BRACKMANN, Christian Puhlmann. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica.** 2017. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/172208. Acesso em: 3 jun. 2026.

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

BRASIL. Ministério da Educação**. Parecer CNE/CEB nº 2/2022.** Institui normas sobre Computação na Educação Básica. Brasília: MEC, 17 de fevereiro de 2022. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images//historico/anexo_parecer_cneceb_n_2_2022_bncc_computacao.pdf. Acesso em: 20 mai. 2026.

BRENNAN, Karen; RESNICK, Mitchel. **New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.** In: AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2012, Vancouver. Proceedings [...]. Vancouver: AERA, 2012.

BRIZ-REDÓN, Álvaro; SERRANO-AROCA, Ángel**. Novel pedagogical tool for simultaneous learning of plane geometry and R programming.** Research Ideas and Outcomes, [S. l.], v. 4, p. e25485, 2018. DOI: https://doi.org/10.3897/rio.4.e25485.

CAVALCANTE, Ilane Ferreira; LEMOS, Elizama das Chagas. **Reflexões sobre a produção do**

conhecimento em face da Inteligência Artificial. Revista de Educação PUC-Campinas, Campinas, v. 28, 2023. Disponível em: https://periodicos.puc-campinas.edu.br/reveducacao/article/view/9543. Acesso em: 2 mai. 2026.

DIAS, Cláudio Carlos; SAMPAIO, João Carlos Vieira. **Desafio geométrico: módulo I.** Cuiabá: Central de Texto, 2010.

DUVAL, Raymond. **A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics.** Educational Studies in Mathematics, Dordrecht, v. 61, p. 103-131, 2006.

FOERSTER, Klaus-Tycho**. Integrating programming into the Mathematics curriculum: Combining Scratch and Geometry in grades 6 and 7.** In: PROCEEDINGS OF THE 17TH ANNUAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION, 2016, Boston. Proceedings [...]. Boston: ACM, 2016. p. 91-96.

GABRIEL, Florence et al. **Pragmatic AI in education and its role in mathematics learning and teaching.** npj Science of Learning, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 26, 2025. DOI: https://doi.org/10.1038/s41539-025-00315-4. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41539-025-00315-4. Acesso em: 4 jun. 2026.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LEIVAS, José Carlos Pinto; LUTZ, Mauricio Ramos. **A visualização para desenvolver o pensamento geométrico na resolução de problemas.** Alegrete, RS: TerriED Editora, 2023. E-book. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/721100/2/A%20visualizac%CC%A7a%CC%83o%20para%20desenvolver%20o%20Pensamento%20Geome%CC%81trico%20na%20Resoluc%CC%A7a%CC%83o%20de%20Problemas.pdf. Acesso em: 20 mai. 2026.

MACEDO, Lidiane Caroline Sales; ALVES, Fábio José da Costa. **As Contribuições do Pensamento Computacional na Educação Básica: a Tecnologia como Ferramenta na Sala de Aula.** Debates em Educação, *[S. l.]*, v. 17, n. 39, p. e18396, 2025. DOI: 10.28998/2175-6600.2025v17n39pe18396. Disponível em: https://periodicos.ufal.br/debateseducacao/article/view/18396. Acesso em: 2 ago. 2026.

MACHADO, Daiane Deick.; MATHIAS, Carmen Vieira. **Potencialidades do uso da IA e do AniManim na construção de ladrilhamentos geométricos.** [S. l.]: eduCAPES, 2026. Produto educacional. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1179925. Acesso em: 27 out. 2026.

MANIM COMMUNITY DEVELOPERS. **Manim Community Edition: documentation.** [S. l.], 2026. Disponível em: https://docs.manim.community/en/stable/index.html. Acesso em: 27 out. 2026.

MATHIAS, Ivo Mario. Algoritmos e programação I. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2017.

MATOBOBO, Courage et al**. Enhancing computational thinking and problem solving in programming education through generative AI: A scoped review.** In: 2025 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON), 2025, Istambul. Proceedings [...]. Istambul: IEEE, 2025. p. 1-9.

MEDEIROS, Margarete Farias; GRAVINA, Maria Antonia. **Geometria dinâmica no ensino de transformações no plano.** Revista Eletrônica da Sociedade Brasileira de Matemática, [S. l.], v. 3, n. 1, 2015. Disponível em: https://poti.obmep.org.br/uploads/material/Geometria_Dinamica_no_Ensino_de_Transformacoes_no_Plano.pdf. Acesso em: 10 abr. 2026.

MURER, Ricardo**. Fundamentos da inteligência artificial: o futuro é agora.** 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2025.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **About Python.** 2025. Disponível em: https://www.python.org/about/. Acesso em: 9 set. 2025.

RAABE, André. **Currículo de Referência em Tecnologia e Computação.** [S. l.]: Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB), 2020. Disponível em: https://curriculo.cieb.net.br/. Acesso em: 04 jun. 2026.

RAMÍREZ, Guadalupe Morales; OSORIO, Víctor Larios; GOYCOCHEA, Norma Violeta Rubio**. Esquemas de argumentación de estudiantes de bachillerato al usar GeoGebra en el contexto de teselados.** Uniciencia, Heredia, v. 35, n. 2, p. 1-19, 2021. DOI: https://doi.org/10.15359/ru.35-2.17.

SCIPPO, Stefano et al. **Digital Tessellation for Geometry Learning in Primary School: A Quasi-Experimental Study**. **Journal Of Information Technology Education**, [S. l.], v. 24, p. 1-31, 2025. Disponível em: https://www.jite.org/documents/Vol24/JITE-Rv24Art009Scippo10988.pdf. Acesso em: 20 mai. 2026.

SILVA, Maria Raiane da; PAZUCH, Vinícius. **Tecnologias digitais no ensino de geometria: Uma revisão sistemática da literatura.** Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 31–55, 2024. DOI: 10.23925/1983-3156.2024v26i2p031-055. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/59593. Acesso em: 2 ago. 2026.

WING, Jeannette M. **Computational thinking**. Communications of the ACM, New York, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos.5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YUNIANTO, Wahid et al. **A Model for Computational Thinking Development in GeoGebra with the Support of ChatGPT**. Computers in the Schools, [S. l.], p. 1-37, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/07380569.2025.2544062.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).