

OBJETOS DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA: O USO DO MANIM COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL DIGITAL

LEARNING OBJECTS FOR MATHEMATICS TEACHING: THE USE OF MANIM AS A DIGITAL EDUCATIONAL TOOL

OBJETOS DE APRENDIZAJE PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: EL USO DE MANIM COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA DIGITAL

Kallel Vinicius Rocha Fiori*  

Jean Piton-Gonçalves**  

RESUMO

Este trabalho investiga o uso do *Mathematical Animation Engine (Manim)*, uma biblioteca em Python, como ferramenta para a criação de Objetos de Aprendizagem (OAs) no Ensino de Matemática. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com orientação pragmática, explora-se como o *Manim* pode aprimorar a visualização de conceitos matemáticos, alinhando-se aos princípios de visualização de Diehl (2005) e às características pedagógicas de OAs segundo Singh (2001). O estudo inclui a análise da ferramenta e o desenvolvimento prático de um OA destinado para o ensino de Matemática. Os resultados demonstraram que o *Manim* é altamente eficaz na criação de animações claras e intuitivas, que podem facilitar a compreensão de determinados conceitos matemáticos em aula. A ferramenta utiliza recursos visuais como luz, cor e movimento, os quais garantem uma representação dinâmica que enriquece o aprendizado. Além disso, o *Manim* atendeu plenamente aos critérios de reusabilidade, adaptabilidade e acessibilidade dos OAs, permitindo sua utilização em diversos contextos educacionais e garantindo a durabilidade dos recursos criados. Embora a interatividade direta nas animações seja limitada, a flexibilidade do *Manim* e as possibilidades de integração com outras bibliotecas oferecem alternativas viáveis. Conclui-se que o *Manim* é uma ferramenta altamente promissora para o ensino de Matemática, proporcionando uma visualização rica e eficaz dos conceitos matemáticos, com grande potencial para o desenvolvimento de OAs.

Palavras-chave: Objetos de Aprendizagem. Manim. Visualização de Software. Ensino. Matemática.

ABSTRACT

This paper investigates the use of the *Mathematical Animation Engine (Manim)*, a Python library, as a tool for creating Learning Objects (LOs) in Mathematics teaching. This is a qualitative, applied study with a pragmatic approach. It explores how *Manim* can enhance the visualization of mathematical concepts, aligning with Diehl's (2005) visualization principles and Singh's (2001) pedagogical characteristics of LOs. The study includes an analysis of the tool and the practical development of a LO

* Graduado em Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal de São Carlos, Especialista em Tecnologias educacionais pela UniFECAF, Aluno de graduação de Engenharia de Software da UniFECAF, Taboão da Serra, SP, Brasil. Endereço para correspondência: Rodovia Washington Luís, km 235, Caixa Postal 676, 13565-905, São Carlos, SP. Departamento de Matemática. E-mail: kallel@estudante.ufscar.br, E-mail Alternativo: kallel2511@gmail.com

** Doutor em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil. Endereço para correspondência: Rodovia Washington Luís, km 235, Caixa Postal 676, 13565-905, São Carlos, SP. Departamento de Matemática. E-mail: jpiton@ufscar.br

for Mathematics teaching. The results demonstrated that Manim is highly effective in creating clear and intuitive animations that can facilitate the understanding of specific mathematical concepts in class. The tool uses visual resources such as light, color, and movement, which ensure a dynamic representation that enriches learning. Furthermore, Manim fully met the criteria of reusability, adaptability, and accessibility for LOs, allowing its use in diverse educational contexts and ensuring the durability of the created resources. Although direct interactivity in animations is limited, Manim's flexibility and integration with other libraries offer viable alternatives. We conclude that Manim is a highly promising tool for teaching mathematics, providing a rich and effective visualization of mathematical concepts, with great potential for developing LOs.

Keywords: Learning Objects. Manin. Software Visualization. Teaching. Mathematics.

RESUMEN

Este artículo investiga el uso de Mathematical Animation Engine (Manim), una biblioteca de Python, como herramienta para crear Objetos de Aprendizaje (OA) en la enseñanza de las Matemáticas. Se trata de un estudio cualitativo y aplicado con un enfoque pragmático. Explora cómo Manim puede mejorar la visualización de conceptos matemáticos, alineándose con los principios de visualización de Diehl (2005) y las características pedagógicas de los OA de Singh (2001). El estudio incluye un análisis de la herramienta y el desarrollo práctico de un OA para la enseñanza de las Matemáticas. Los resultados demostraron que Manim es altamente eficaz en la creación de animaciones claras e intuitivas que pueden facilitar la comprensión de conceptos matemáticos específicos en clase. La herramienta utiliza recursos visuales como la luz, el color y el movimiento, que garantizan una representación dinámica que enriquece el aprendizaje. Además, Manim cumplió plenamente con los criterios de reutilización, adaptabilidad y accesibilidad para los OA, lo que permite su uso en diversos contextos educativos y garantiza la durabilidad de los recursos creados. Aunque la interactividad directa en las animaciones es limitada, la flexibilidad de Manim y su integración con otras bibliotecas ofrecen alternativas viables. Concluimos que Manim es una herramienta muy prometedora para la enseñanza de las matemáticas, ya que proporciona una visualización rica y eficaz de conceptos matemáticos, con un gran potencial para el desarrollo de OA.

Palabras clave: Objetos de aprendizaje. Manim. Visualización de software. Enseñanza. Matemáticas.

1 INTRODUÇÃO

A visualização é uma ferramenta que potencializa a transmissão da informação por meio de representações visuais, como apontado no trabalho de Diehl (2005). Objetos concretos, como figuras geométricas e gráficos, são exemplos de representações que podem ser visualizadas em contextos reais e frequentemente envolvem programação, com destaque para a linguagem *Python* neste trabalho.

Entre as ferramentas oferecidas pelo *Python*, o *Mathematical Animation Engine* (*Manim*) é uma biblioteca projetada para o desenvolvimento de animações dinâmicas, que podem ser convertidas em vídeos e *slides*. Essas animações oferecem suporte pedagógico auxiliando o professor de matemática. Uma possibilidade, a partir do *Manim*, é o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem (OAs), que são recursos educacionais que, por

meio de animações, permitem a exploração em meio digital.

A revisão da literatura nacional sobre o uso do *Manim* no ensino de Ciências Exatas revelou uma lacuna em estudos que abordem sua aplicação no Ensino de Matemática. Coluci e Kishimoto (2021) exploraram animações para ensinar conceitos da teoria de erros, evidenciando a utilidade das representações dinâmicas no ensino de Física. Coluci (2021) investigou o uso do *Manim* no ensino de Matemática, destacando seu potencial como ferramenta educacional. Castillo e Sánchez (2023) analisaram o uso do *Python* no contexto educacional, enfatizando as possibilidades oferecidas por ferramentas como *PyGgb¹*, abreviação para *Python* + *GeoGebra*, e *Manim*. Contudo, não foram encontrados estudos específicos sobre o uso do *Manim* no Ensino de Matemática através da criação de Objetos de Aprendizagem e com análises dentro da visualização na literatura nacional.

Diante dessa lacuna, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o potencial do *Manim* no desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem para o Ensino de Matemática, com base nos princípios de visualização de Diehl (2005) e nos estudos sobre Objetos de Aprendizagem de Singh (2001). A questão central de estudo para esse trabalho é: *Como as funcionalidades do Manim se alinham com os princípios de Visualização propostos por Diehl e quais são as potencialidades e limitações dessa ferramenta como base para a criação de Objetos de Aprendizagem em Matemática?*

Esta pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com orientação pragmática, pois busca desenvolver e analisar um Objeto de Aprendizagem utilizando a biblioteca *Manim* em *Python*, avaliando sua pertinência pedagógica e a clareza das representações matemáticas produzidas. Conforme Creswell e Plano Clark (2011, p. 42, tradução nossa), “há momentos em que a pesquisa qualitativa pode ser melhor, porque o pesquisador visa explorar um problema, honrar as vozes dos participantes, mapear a complexidade da situação e transmitir múltiplas perspectivas dos participantes”², o que sustenta a escolha da abordagem qualitativa para investigar a experiência de aprendizagem e a efetividade do artefato. Além disso, os autores destacam que “...sugerimos pensar em métodos adequados a diferentes tipos de problemas de pesquisa”³ (Creswell; Plano Clark, 2011, p. 9,

¹ Disponível em: <https://www.geogebra.org/python/index.html>. Acesso em: 14/10/2025.

² Texto original: “there are times when qualitative research may be best, because the researcher aims to explore a problem, honor the voices of participants, map the complexity of the situation, and convey multiple perspectives of participants” Creswell e Plano Clark (2011, p. 42).

³ Texto original: “...we suggest thinking about fitting methods to different types of research problems” Creswell e Plano Clark (2011, p. 9).

tradução nossa), evidenciando a lógica pragmática de selecionar métodos com base no problema real e nos objetivos práticos do estudo que, neste caso, trata-se do desenvolvimento de um recurso digital educacional para a visualização de conceitos matemáticos.

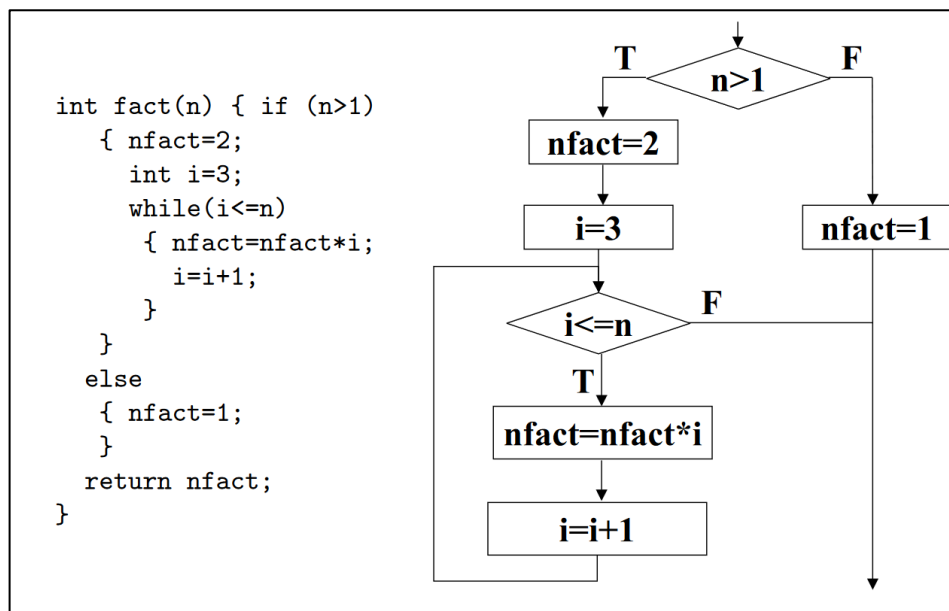
Para responder a essa questão, o estudo seguiu cinco etapas principais: revisão integrativa da literatura sobre o uso do *Manim* no ensino de Ciências Exatas; análise do referencial teórico de Diehl (2005) sobre Visualização de Software; estudo das características pedagógicas de OAs segundo Singh (2001), Mendes (2004) e Barbosa (2014); análise geral da biblioteca *Manim* a partir da documentação e implementação de um OA para Ensino de Matemática usando *Manim*. Essa abordagem integrou teoria e prática, avaliando a viabilidade do *Manim* na criação de recursos educacionais digitais.

2 VISUALIZAÇÃO

A visualização é uma linguagem natural que pode transmitir informações e conceitos além de compartilhar conhecimento. Para Diehl (2005, p. 1, tradução nossa) a “visualização é o processo de transformar informações em uma forma visual, permitindo que os usuários observem as informações”⁴. Trata-se de uma área de pesquisa que desempenha um papel essencial na compreensão e na análise de softwares e está ligada à Interação Humano-Computador (IHC) em Ciências da Computação. É uma área abrangente que combina princípios de computação gráfica, engenharia de software e design de interfaces. Diehl (2005), em seu trabalho, explora algumas técnicas e aspectos da visualização de software e como elas podem ser aplicadas de forma eficiente.

⁴ Texto original: “Visualization is more than a method of computing. Visualization is the process of transforming information into a visual form, enabling users to observe the information” (Diehl, 2005, p.1).

Figura 1 - Exemplo de fluxograma que retorna o fatorial de um número



Fonte: Diehl (2005, p. 40).

Elementos visuais, como gráficos e diagramas, simplificam conceitos abstratos e facilitam o entendimento ao destacar padrões e relações não perceptíveis apenas por texto. De acordo com Diehl (2005, p.15, tradução nossa), “75% de todas as informações do mundo real são percebidas visualmente; apenas 13% são percebidas através do sentido auditivo e as 12% restantes através de outros sentidos”⁵. Um exemplo de aplicação está na Figura 1, que representa um fluxograma para uma função que retorna o fatorial de um número.

Essas representações transformam conceitos abstratos em imagens visuais, com potencial de facilitar a compreensão e superar barreiras cognitivas. Diehl (2005, p.15) em “*Visualization Basics*”, apresenta algumas características gerais para visualizações:

- *Luz, Cor e Percepção de Cores*. Refere-se à forma como a luz interage com os objetos e como as cores são percebidas pelo sistema visual humano. A correta aplicação deste conceito nas visualizações permite diferenciar elementos, criar contrastes eficazes e realçar informações importantes, contribuindo para uma melhor compreensão visual.
- *Percepção de Padrões*. Trata da capacidade do observador de identificar regularidades, estruturas e padrões em um conjunto de dados visuais. Este processo é essencial para que o usuário possa reconhecer rapidamente a organização e as relações entre os elementos representados, facilitando a interpretação dos dados.

⁵ Texto original: “75% of all information from the real world is visually perceived; only 13% is perceived through the auditory sense and the remaining 12% through other senses” (Diehl, 2005, p.15).

- *Percepção Pré-atentiva*. Envolve os processos cognitivos que ocorrem de forma automática e rápida, antes mesmo da atenção consciente ser aplicada. Essa percepção permite que certos atributos visuais (como cor, tamanho ou forma) se destaquem instantaneamente, guiando o olhar do observador para informações relevantes sem esforço deliberado.
- *Percepção de Movimento*. Diz respeito à habilidade de perceber e interpretar movimentos em uma cena visual. Em visualizações dinâmicas e animações, esse conceito é fundamental para representar mudanças, transições e interações de maneira que o movimento auxilie na explicação e compreensão de conceitos temporais e dinâmicos.

São conceitos centrais para a apresentação de qualquer conteúdo, e cada um deles contribui para visualizações mais fidedignas e intuitivas, assim como é dito por Diehl (2005, p.32, tradução nossa) “Esse conhecimento pode ajudar a explicar por que certas visualizações funcionam e outras não”⁶.

3 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Os Objetos de Aprendizagem (OAs) são recursos educacionais digitais projetados para facilitar o ensino e a aprendizagem de um determinado conteúdo. Eles podem incluir animações, simulações ou até vídeos, permitindo a exploração dinâmica de conceitos de forma modular e reutilizável. De acordo com Aguiar e Flôres (2014, p.12):

Os OAs podem ser criados em qualquer mídia ou formato, podendo ser simples como uma animação ou uma apresentação de slides, ou complexos como uma simulação. Normalmente, eles são criados em módulos que podem ser reusados em diferentes contextos.

Os OAs são concebidos com a intenção de promover uma aprendizagem significativa e atender a diferentes estilos de aprendizagem. No que se refere às características de um OA, Singh (2001) propõe uma lista de características a saber:

- *Reusabilidade*. Reutilizável diversas vezes em diversos ambientes de aprendizagem.
- *Adaptabilidade*. Adaptável a qualquer ambiente de ensino.

⁶ Texto original: “This knowledge can help to explain why certain visualizations work and others do not” (Diehl, 2005, p. 32).

- *Granularidade*. Conteúdo em pedaços e/ou blocos para facilitar seu reuso.
- *Acessibilidade*. Acessível via Internet para ser usado em diversos locais.
- *Durabilidade*. Possibilidade de continuar a ser utilizado, independente da mudança de tecnologia.
- *Interoperabilidade*. Habilidade de operar através de uma variedade de *hardwares*, sistemas operacionais e *browsers*, promovendo o intercâmbio efetivo entre diferentes sistemas.

Os OAs geralmente são disponibilizados em Repositórios Educacionais, como é o caso da Plataforma do Ministério da Educação (MEC) de Recursos Educacionais Digitais (MECRED)⁷, PhET *Interactive Simulations*⁸, da universidade do Colorado, ou ainda *Math Playground*⁹.

Do ponto de vista das características intrínsecas a um OA, bem como suas formas de uso e objetivos pedagógicos, Barbosa (2014) classifica esses objetos em várias categorias. A primeira é a apresentação, que envolve a instrução direta com recursos destinados a transmitir um conteúdo específico. A segunda é a prática, que abrange exercícios, jogos educacionais ou representações que possibilitam a prática e a aprendizagem de determinados procedimentos. Em seguida, temos a simulação, que representa algum processo ou sistema do cotidiano. A quarta categoria é a conceitual, que se refere à representação de conceitos-chave ou conceitos relacionados ao conteúdo de uma disciplina. A informação, por sua vez, organiza e expõe dados de forma clara. Por fim, a representação contextual apresenta dados de uma maneira que surge de um cenário autêntico.

Singh (2001) destaca propriedades gerais dos OAs, como *reusabilidade*, *adaptabilidade* e *acessibilidade*, características que tornam os OAs valiosos em diversos contextos de ensino e aprendizagem. Mendes (2004) enfatiza a flexibilidade do formato e a reutilização em diferentes contextos, enquanto Barbosa (2014) amplia essa visão, classificando os OAs conforme a finalidade pedagógica, como *apresentação*, *prática*, *simulação*, entre outros. Diehl (2005), por sua vez, foca no design e construção dos OAs, discutindo como garantir que o conteúdo seja acessível e eficaz, com ênfase na organização e adequação ao público-alvo e aos meios utilizados. Assim, para garantir a criação de OAs eficientes e impactantes, é necessário que os aspectos, as características gerais e as considerações de *design*, sejam consideradas de forma

⁷ Disponível em: <https://mecred.mec.gov.br>. Acesso em: 19/10/2024.

⁸ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 02/02/2025.

⁹ Disponível em: <https://www.mathplayground.com/>. Acesso em: 02/02/2025.

integrada.

A teoria de visualização e os OAs se conectam ao conceito de *Multimedia Learning*, de Richard E. Mayer, pois ambos enfatizam o uso de representações visuais para facilitar a compreensão. Nesse sentido, Mayer (2010, p. 5, tradução nossa) define a:

[...] instrução multimídia como a apresentação de material usando palavras e imagens, com a intenção de promover o aprendizado. Por palavras, quero dizer que o material é apresentado em forma verbal – usando texto impresso ou falado, por exemplo. Por imagens, quero dizer que o material é apresentado em forma pictórica, incluindo o uso de gráficos estáticos, como ilustrações, gráficos, fotos ou mapas, ou gráficos dinâmicos, como animações ou vídeo.¹⁰

Mayer (2010) destaca que a aprendizagem é mais eficaz quando informações verbais e visuais são combinadas de forma equilibrada, reduzindo a carga cognitiva e promovendo a compreensão. Nesse contexto, OAs *Manim* bem projetados, alinhados aos princípios de visualização de Diehl (2005), favorecem a aprendizagem ao estruturar conteúdos de maneira clara e intuitiva.

4 PYTHON COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À VISUALIZAÇÃO

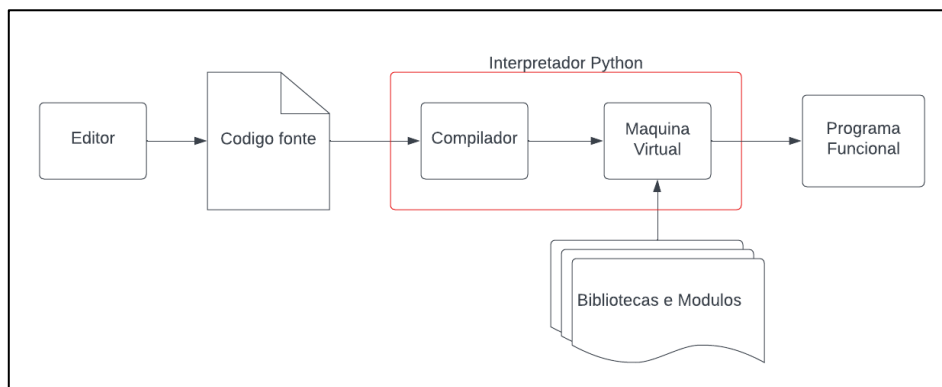
O desenvolvimento do *Python* iniciou-se no final dos anos 1980, quando Guido van Rossum, um programador holandês, decidiu criar uma linguagem de *script* interpretada que fosse fácil de ler e usar. A primeira versão, *Python* 0.9.0, foi lançada em 1991¹¹. Uma das características notáveis é a comunidade ativa de desenvolvedores que contribuem para seu aprimoramento contínuo. Com seu design intuitivo e ampla gama de bibliotecas, *Python* tornou-se uma ferramenta versátil e aplicável em diversos campos do conhecimento, tais como: (i) simulações e modelagem; (ii) algoritmos e métodos computacionais; (iii) análise de dados; (iv) automação de experimentos; (v) aprendizado de máquina e inteligência artificial; e (vi) desenvolvimento de interfaces e módulos de comunicação entre sistemas e/ou outras linguagens.

¹⁰Texto original: “I define multimedia instruction as the presentation of material using both words and pictures, with the intention of promoting learning. By words, I mean that the material is presented in verbal form – using printed or spoken text, for example. By pictures, I mean that the material is presented in pictorial form, including using static graphics such as illustrations, graphs, photos, or maps, or dynamic graphics such as animations or video”.

¹¹ Até a presente data o *Python* está na versão 3.13.0.

Estruturalmente, *Python* é uma linguagem interpretada¹² de Quarta Geração que proporciona versatilidade e facilidade na programação, sendo mais acessível do que linguagens de gerações anteriores, como *C* ou *Fortran*. A Figura 2 mostra o diagrama do ciclo de execução de um *script Python* que se apoia em bibliotecas e módulos instalados.

Figura 2 - Diagrama do ciclo de execução de um script Python



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Em ambientes educacionais a linguagem *Python* foi desenvolvida de forma que “os alunos passam a desenvolver sua capacidade lógica e consequentemente podem vir a melhorar o seu aprendizado” (Pesente, 2019, p. 44), mediado por uma sintaxe e estrutura intuitivas. Os problemas que são abordados com linguagens de programação precisam ser analisados de uma forma muito mais minuciosa e cuidadosa, à medida que os estudantes podem explorar e investigar o problema, tornando-o mais envolvente e tangível. Os resultados do trabalho de Pesente (2019, p. 112) mostram que “os códigos computacionais permitiram que os alunos respondessem aos exercícios com maior número de detalhes”.

A visualização de dados com *Python* é um passo natural no aprendizado, permitindo representar informações de forma clara e intuitiva. Ferramentas como *matplotlib* ajudam a identificar padrões e tendências, tornando a aprendizagem mais engajante e facilitando a interpretação de conceitos complexos. A biblioteca *matplotlib* oferece recursos robustos para a criação de gráficos, tabelas e visualizações que auxiliam na compreensão de conceitos, e tem sido a biblioteca padrão do *Python* para a visualização, “Matplotlib é uma biblioteca de plotagem muito bem estabelecida para *Python* e produz figuras com qualidade de publicação

¹² Significa que os scripts *Python* não precisam ser compilados antes de serem executados, assim como ocorre em linguagens como *C* ou *C++*, que precisam que o código-fonte seja convertido em algo que a máquina possa entender. Em vez disso, um interpretador *Python* lê e executa o código-fonte diretamente.

em uma variedade de formatos impressos e ambientes interativos entre plataformas”¹³ (Farrell, 2016, p. 2, tradução nossa).

O *matplotlib* é ótimo para gráficos estáticos ou interativos simples. No entanto, se o objetivo é criar animações detalhadas e dinâmicas em *Python*, com controle sobre estilo e fluidez, essa biblioteca pode ser ineficaz ou até inadequada para essas tarefas.

Embora o *Python* seja amplamente utilizado no ensino de Matemática, especialmente em modelagem computacional e simulações numéricas, a literatura nacional apresenta poucos estudos que investiguem especificamente o uso do *Manim* como ferramenta didática. Trabalhos, como a de Montalbano (2014), mostram que a visualização dinâmica pode facilitar a interação dos alunos com o conteúdo, estimulando discussões enriquecedoras e promovendo uma compreensão mais intuitiva de conceitos complexos.

5 MANIM COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À VISUALIZAÇÃO

*Manim*¹⁴ é uma biblioteca de *Python* desenvolvida originalmente por Grant Sanderson (criador do popular canal do *YouTube*, *3Blue1Brown*¹⁵) e é especificamente projetada para o desenvolvimento de animações matemáticas, preenchendo a lacuna na criação destas. O *ManimCE* (*Community Edition*) é um projeto impulsionado pela comunidade de desenvolvedores, enquanto o *ManimGL* é uma versão alternativa com funcionalidades extras, mas mais instável. *ManimCE* utiliza o *Cairo*¹⁶ para manipulação de gráficos, o *ManimGL* utiliza o *OpenGL*¹⁷.

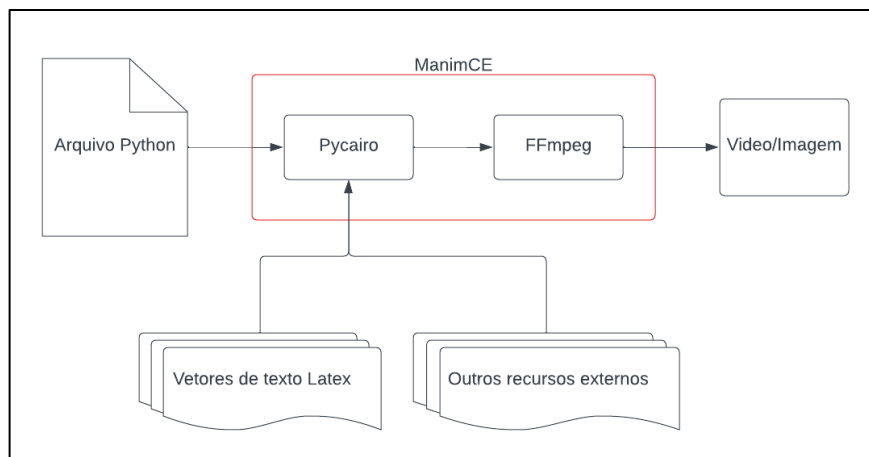
¹³ Texto original: “Matplotlib is a very well established plotting library for *Python* and produces publication-quality figures in a variety of hard copy formats and interactive environments across platforms” (Farrell, 2016, p. 2).

¹⁴ Acrônimo para *Mathematical Animation Engine*, disponível em: <https://www.manim.community/>. Acesso em: 02/11/2024.

¹⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/@3blue1brown>. Acesso em: 07/12/2024.

¹⁶ *Cairo* é uma biblioteca gráfica 2D que oferece saída consistente em vários dispositivos, com suporte a aceleração de hardware, incluindo recursos como *splines* de Bézier, transformações e renderização de texto suavizado.

¹⁷ *OpenGL* é uma API (*Application Programming Interface*) multiplataforma para renderização de gráficos 2D e 3D, oferecendo aceleração de hardware e suporte a recursos como *shaders* e texturas.

Figura 3 - Diagrama de funcionamento do ManimCE

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Em termos de processamento, enquanto os *scripts Python* convencionais são executados pelo interpretador (ver Figura 2), os *scripts Manim* passam por um processo diferente. Nesse processo, a animação contida no arquivo *Python* é inicialmente convertida em uma sequência de imagens usando *Pycairo*¹⁸. Em seguida, as imagens são transformadas em outros formatos de arquivos usando o *FFmpeg*¹⁹. O *Manim* é uma biblioteca flexível para animações matemáticas, oferecendo alta personalização com *Python*, portanto permite manipular cores, formas e trajetórias, criando visualizações dinâmicas. Recursos como *Circumscribe()*²⁰ que destacam elementos, enquanto *updaters*²¹ geram animações dinâmicas, tornando-o uma ferramenta sólida para a visualização.

Essas características demonstram como as funcionalidades do *Manim* atendem aos critérios de Diehl (2005). No entanto, uma avaliação detalhada exige a aplicação de um OA específico, pois aspectos como *Luz, Cor e Percepção de Cores, Percepção de Padrões, Percepção Pré-atentiva e Percepção de Movimento* dependem do uso dos recursos da ferramenta no OA. Da mesma forma, *Reusabilidade e Adaptabilidade*, conforme Singh (2001) e Barbosa (2014), variam conforme a implementação e possibilidade de modificação do OA. Por outro lado, *Granularidade, Acessibilidade, Durabilidade e Interoperabilidade* podem ser avaliadas de forma geral, pois refletem as propriedades estruturais e funcionais do *Manim*.

¹⁸ *Pycairo* é uma biblioteca que permite usar a *Cairo* no *Python* para gerar gráficos 2D vetoriais.

¹⁹ O *FFmpeg* nada mais é do que um *software* de código aberto capaz de gerenciar e converter arquivos em diversos tipos de formatos. Mais detalhes sobre o *FFmpeg* podem ser encontrados em: <https://ffmpeg.org/about.html>. Acesso em: 24/11/2024.

²⁰ Disponível em:

<https://docs.manim.community/en/stable/reference/manim.animation.indication.Circumscribe.html>. Acesso em: 06/11/2024.

²¹ Disponível em: <https://docs.manim.community/en/stable/examples.html#movingangle>. Acesso em: 06/11/2024.

Com base nos critérios estabelecidos por Singh (2001), analisamos o *Manim* considerando aspectos como *Adaptabilidade*, *Granularidade*, *Acessibilidade*, *Durabilidade* e *Interoperabilidade*. Para isso, conduzimos a análise de duas formas: primeiro, avaliamos suas funcionalidades por meio da documentação disponível²² e da vasta galeria de exemplos²³; em seguida, como mostrado na Seção 5, aplicamos a ferramenta em um Objeto de Aprendizagem que integra diversos elementos, incluindo LaTeX, gráficos 2D, formas 3D, movimentação de câmera e customização de objetos na tela. A partir dessa análise, identificamos as seguintes potencialidades:

- *Reusabilidade*. O *Manim* pode ser utilizado em diversos contextos educacionais, desde aulas introdutórias até conteúdos avançados. De modo geral, a natureza modular das animações, advindas do ambiente *Python*, permite que os OAs em sua íntegra, ou partes deles, possam ser adaptados com certa facilidade para outros ambientes e contextos, muito embora essa característica dependa da forma como cada OA é implementado.
- *Adaptabilidade*. O *Manim* se mostra adaptável a diferentes contextos educacionais, desde que o tópico abordado esteja alinhado à estrutura do OA previamente desenvolvido. Sua modularidade permite ajustes nas animações dentro do ambiente *Python*, facilitando modificações e expansões. No entanto, o grau de adaptabilidade depende da implementação do OA, pois alterações mais profundas exigem familiaridade com a programação na ferramenta.
- *Granularidade*. Possui uma granularidade alta, isso advém de uma característica do *Manim*, uma vez que os objetos são feitos de forma programática, a granularidade do OA é a maior possível.
- *Acessibilidade*. As animações criadas com o *Manim* são altamente acessíveis, podendo ser compartilhadas facilmente através de plataformas como o *GitHub*²⁴ para disseminação de código e o *YouTube*²⁵ para vídeos gerados pela ferramenta, garantindo que educadores e alunos tenham acesso rápido e remoto a esses recursos educacionais.
- *Durabilidade*. O *Manim* é uma biblioteca *Python* de código aberto gerenciado pela comunidade, o que garante que ela possa ser atualizada continuamente por qualquer desenvolvedor interessado, sem depender de uma entidade centralizada. Essa

²² Disponível em: <https://docs.manim.community/en/stable/>. Acesso em: 06/11/2024.

²³ Disponível em: <https://docs.manim.community/en/stable/examples.html>. Acesso em: 06/11/2024.

²⁴ Disponível em: <https://github.com/>. Acesso em: 06/11/2024.

²⁵ Disponível em: <https://www.youtube.com/>. Acesso em: 06/11/2024.

característica assegura que novas funcionalidades possam ser adicionadas conforme necessário, corrigindo limitações e expandindo suas possibilidades de uso. Além disso, a tecnologia subjacente ao *Manim*, que gera animações em formatos de vídeo como MPEG-4 (ou mp4), garante que o conteúdo produzido permaneça relevante e funcional ao longo do tempo, independentemente de mudanças em plataformas ou sistemas operacionais.

- *Interoperabilidade*. O OA pode ser exportado em formatos de vídeo amplamente suportados, permitindo sua integração em diversas plataformas educacionais e sistemas de gerenciamento de aprendizagem (*LMS*²⁶). Por exemplo, é integrável com o *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (MOODLE) em cursos de Educação à Distância ou Híbrido.

O *Manim* permite gerar animações de gráficos, objetos matemáticos, fórmulas, *slides*, etc. Neste trabalho concebe-se que o *Manim* é uma ferramenta apropriada e facilitadora para o projeto e desenvolvimento de OAs voltados ao ensino em ciências exatas, algumas características adicionais identificadas são:

- *Flexibilidade e personalização*. A biblioteca oferece uma ampla gama de funcionalidades e personalizações²⁷. Educadores podem adaptar os OAs para diferentes níveis de ensino e estilos de aprendizagem, criando materiais didáticos que atendem às necessidades específicas dos estudantes. A flexibilidade da biblioteca permite aos OAs uma granularidade que não é facilmente encontrada em outras ferramentas educacionais.
- *Integração nativa com LaTeX*. Oferece uma integração com *LaTeX*²⁸, permitindo a inserção de equações matemáticas formatadas profissionalmente, além disso, a biblioteca possui métodos específicos de animações para esses objetos.
- *Reprodutibilidade e compartilhamento*. O código usado para criar as animações em *Manim* pode ser facilmente compartilhado e reproduzido, uma vez que as animações

²⁶ *LMS* é a sigla para *Learning Management System*, que são ambientes computacionais que permite a gestão virtual da aprendizagem, treinamento ou curso.

²⁷ Disponível em: https://docs.manim.community/en/stable/guides/deep_dive.html#mobject-initialization Acesso em: 06/11/2024.

²⁸ Disponível em: https://docs.manim.community/en/stable/guides/using_text.html Acesso em: 06/11/2024.

são exportadas em formato de vídeo convencional²⁹. Isso permite que educadores colaborem e troquem materiais, além de possibilitar a revisão e atualização contínua dos OAs.

- *Recursos Open Source*. Sendo uma ferramenta de código aberto³⁰, *Manim* é acessível a qualquer educador ou instituição sem custo. A comunidade de usuários é ativa e colaborativa, oferecendo suporte, tutoriais e recursos adicionais que facilitam e estendem o uso da biblioteca. Além disso, há uma série de outras bibliotecas que podem ser usadas para complementar as funcionalidades do *Manim* como, por exemplo, o *Manim Slides*³¹, que permite a criação de *slides* dinâmicos, e o *Manim Voiceover*³², que permite a sincronização de faixas de áudio diretamente dentro do ambiente do *Manim*.

As análises deste trabalho também permitiram identificar algumas limitações do *Manim* no âmbito educacional, sendo elas:

- *Curva de aprendizagem*. O uso satisfatório do *Manim* requer um conhecimento de *Python*, o que pode se configurar como uma barreira para educadores ou usuários que não estejam familiarizados com a linguagem de programação e com interfaces baseadas em linha de comando *CLI* (em inglês, *Command-Line Interface*). Essa demanda técnica pode limitar o alcance do *software* em ambientes educacionais que carecem de conhecimento específico nessa área.
- *Barreiras Linguísticas*. A maioria dos guias e documentações disponíveis sobre o *Manim* encontram-se em língua inglesa, o que pode representar uma barreira significativa para educadores que não possuem fluência ou não se sentem confortáveis com o idioma. Muito embora trabalhos como o de Coluci (2022) e seu manual do *Manim* em português³³ possam ajudar a minimizar essa barreira.

É notável que o *Manim* contribui para o processo de ensino e aprendizagem ao permitir a criação de OAs que proporcionam transformações geométricas, relações algébricas e

²⁹ Disponível em: https://docs.manim.community/en/stable/tutorials/output_and_config.html. Acesso em: 06/11/2024.

³⁰ Disponível em: <https://docs.manim.community/en/stable/contributing.html>. Acesso em: 06/11/2024.

³¹ Disponível em: <https://www.manim.community/plugin/manim-slides/>. Acesso em: 06/11/2024.

³² Disponível em: <https://www.manim.community/plugin/manim-voiceover/>. Acesso em: 06/11/2024.

³³ Disponível em: https://github.com/vitorcoluci/teoria-erros-manim/blob/main/Manual_Manim_Github.ipynb. Acesso em: 20/02/2025.

variações ao longo do tempo. Essas animações incentivam a exploração visual de padrões e propriedades matemáticas, contribuindo tanto para a compreensão inicial quanto o aprofundamento dos conteúdos.

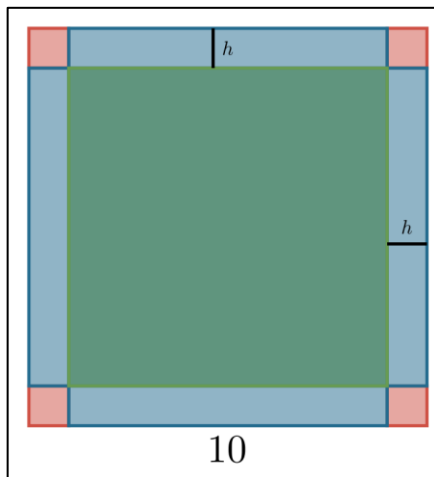
Além disso, o *Manim* pode ser utilizado dentro da abordagem de *microlearning*, que é uma metodologia de ensino que transmite conhecimento em pequenas doses, de forma rápida e objetiva. A biblioteca oferece uma base para a criação de animações curtas e focadas proporcionando uma assimilação de conceitos matemáticos de forma segmentada.

O *Manim* permite que professores de matemática personalizem os materiais didáticos conforme as necessidades dos estudantes, auxiliando na aprendizagem da matemática. As ferramentas de visualização dinâmica do *Manim* tornam os conteúdos mais acessíveis e envolventes, favorecendo a retenção do conhecimento por meio de pequenas unidades de ensino integradas ao processo de aprendizagem da matemática.

6 ELABORAÇÃO DE UM OBJETO DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL A PARTIR DO MANIM

A implementação em *Manim* de um OA foi realizada com foco na otimização da fabricação de uma caixa sem tampa a partir de um pedaço de papelão de 10 cm por 10 cm. O OA demonstra suas funcionalidades em aulas de Cálculo. A Figura 4 apresenta a tela inicial do OA desenvolvido.

Figura 4 - Tela inicial da animação Manim



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

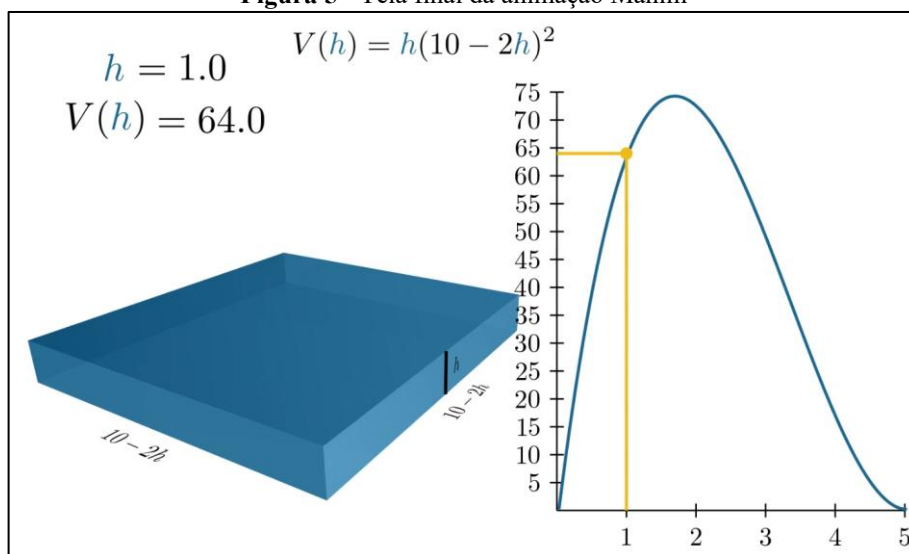
Antes de desenvolver um Objeto de Aprendizagem (OA) com o *Manim*, é fundamental definir claramente os objetivos da atividade e os tipos de interação desejados com o usuário. Conforme Barbosa (2014, p. 20),

Para o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem primeiramente é definirmos os objetivos da atividade a ser desenvolvida, bem como os tipos de interação que se pretende estabelecer entre o OA e o usuário, se áudio, vídeo, simulador, animação ou mesmo textual.

Essa etapa de planejamento orienta a construção do conteúdo, assegurando que a apresentação dos conceitos matemáticos seja estruturada para explorar plenamente as potencialidades do *Manim*, promovendo uma experiência interativa e significativa para os educadores e alunos.

Em um primeiro momento a animação mostra apenas a representação da folha de papelão, e como os cortes acontecem se variamos h . Após essa parte, a animação mostra a caixa de outro ângulo, mostrando como a folha de papelão que vimos anteriormente se transforma na caixa. Por último, a animação mostra a caixa ao lado do gráfico da função $V: R \rightarrow R$ definida como $V(h) = h(10 - 2h)^2$, dessa forma podemos ver como a variação de h altera o formato da caixa ao mesmo tempo que podemos ver como isso altera o volume final da caixa. Pode-se avançar a animação por essas partes enquanto as mudanças são narradas.

Figura 5 - Tela final da animação Manim



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Na animação construída, a diferenciação de cores foi utilizada para destacar as

instâncias da variável h , garantindo que todas as suas ocorrências na animação sejam apresentadas com a mesma cor. Esse uso estratégico da cor permite que o espectador acompanhe visualmente as mudanças na altura da caixa e suas consequências na variação das dimensões, no gráfico da função e no valor do volume. Essa abordagem está alinhada com a característica de *Luz, Cor e Percepção de Cores* descrita por Diehl (2005), pois facilita a identificação das transformações ocorrendo simultaneamente. Além disso, a padronização das cores ao longo da animação auxilia na *Percepção de Padrões*, tornando mais evidente a relação entre a variável h e as alterações no volume da caixa.

Adicionalmente, os valores são modificados dinamicamente durante a animação, o que envolve tanto a *Percepção de Movimento*, ao ilustrar as dimensões da caixa e atualizações dos cálculos ao longo do tempo, quanto à *Percepção Pré-atentiva*, uma vez que as alterações de posição e tamanho dos objetos direcionam automaticamente o olhar do observador para as informações mais relevantes em cada momento, sem a necessidade de um esforço consciente para identificá-las.

O OA pode ser aplicado em disciplinas de Cálculo para ilustrar o conceito de derivada por meio de um exercício de volume máximo. Ele oferece uma representação visual dinâmica que facilita a compreensão do impacto das variações de h em problemas de otimização. A aula pode começar com a apresentação do exercício no papel ou diretamente no OA, seguido da exibição da simulação em um projetor. O OA não resolve o problema, mas demonstra visualmente como a caixa é construída e como suas dimensões e volume mudam com h , auxiliando na conexão com os conceitos previamente estudados.

Durante a exibição, é possível promover discussões, incentivando os estudantes a descrever o processo de otimização, uma vez que o OA, por meio da biblioteca *Manim Slides* é possível pausar a animação em pontos específicos para fomentar essa discussão. Essa abordagem dinâmica permite que os estudantes participem ativamente do processo de aprendizado, reforçando o entendimento dos conceitos subjacentes a métodos de otimização.

O Objeto de Aprendizagem desenvolvido se enquadra na definição de Barbosa (2014) como uma ferramenta de *Apresentação*, ao utilizar recursos visuais para instrução direta sobre otimização. Também pode ser classificado como uma *Simulação*, pois ilustra dinamicamente a modelagem e maximização do volume da caixa, permitindo a visualização em tempo real das mudanças geométricas e analíticas.

No que se refere às possibilidades de mudanças no código-fonte do OA, a fim de ilustrar

as características de *Reusabilidade* e *Adaptabilidade* descrita por Singh (2001), o OA faz um uso intensivo do método *always_update()*, ou seja, existe uma alta interdependência entre os elementos dentro do OA, nesse caso, boa parte dos elementos são alterados e redesenhados de acordo com variações feitas no objeto *ValueTracker*.

Dessa forma, apenas mudanças no valor do objeto *ValueTracker* e nos métodos *animate()* irão modificar toda a animação no que diz respeito ao formato da caixa, a movimentação no gráfico e aos cálculos feitos acima da tela.

Além disso, outras modificações estéticas podem ser feitas, como alterações de cores, posicionamentos de objetos, alteração de tempo de animações e múltiplos outros aspectos. Este modelo de implementação destaca as vantagens do *Manim* em combinar cálculos computacionais com visualizações detalhadas, proporcionando uma abordagem dinâmica para a exploração matemática. Com isso, é possível perceber que o *Manim* possibilita a aplicação eficaz das características descritas por Diehl (2005), garantindo que cada aspecto da visualização possa ser ajustado de maneira precisa, além de proporcionar uma base sólida para criar OAs com alta *Reusabilidade* e *Adaptabilidade*, como definido por Singh (2001).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho demonstram que o *Manim* é uma ferramenta versátil e eficiente para a criação de Objetos de Aprendizagem (OAs) voltados ao ensino de Matemática e ciências exatas de forma geral. A aplicação prática no problema de otimização do volume de uma caixa permitiu uma análise detalhada de como suas funcionalidades se alinham com os princípios de visualização propostos por Diehl (2005). O *Manim* se mostrou plenamente capaz de representar elementos essenciais para a compreensão visual, como *Luz*, *Cor* e *Percepção de Cores*, *Percepção de Padrões*, *Percepção Pré-atentiva* e *Percepção de Movimento*, garantindo que animações sejam construídas visando reforçar conceitos matemáticos de maneira clara e intuitiva.

Além disso, o trabalho revelou que o *Manim* atende aos principais critérios de Objetos de Aprendizagem elencados por Singh (2001), oferecendo alta *Reusabilidade*, *Adaptabilidade* e *Acessibilidade*. Seu caráter modular garante uma granularidade elevada, permitindo que componentes individuais sejam reutilizados e reorganizados conforme necessário. A *Durabilidade* e a *Interoperabilidade* da ferramenta também foram verificadas, a possibilidade

de exportar os OAs criados em formato MP4 e as constantes atualizações da biblioteca por parte da comunidade demonstram que OAs desenvolvidos no *Manim* podem ser usados em diferentes plataformas e contextos sem perda de funcionalidade.

No que diz respeito aos objetivos pedagógicos de Barbosa (2014), verificou-se que o *Manim* possibilita a criação de OAs que abrangem quase todos os aspectos propostos, incluindo *Apresentação, Simulação, Conceitual, Informação e Representação Contextual*. No entanto, a limitação mais significativa identificada foi em relação ao objetivo de *Prática*, uma vez que a ferramenta não oferece suporte direto à interatividade com as animações, dificultando a implementação de atividades que exijam participação ativa dos estudantes diretamente com o OA, muito embora, ainda seja possível usar bibliotecas como *Manim Slides* para promover uma interatividade mínima, com a finalidade de fomentar diálogos entre professor e aluno sobre as animações e os conteúdos apresentados.

Dessa forma, podemos afirmar que o *Manim* é uma ferramenta adequada para apoiar a criação de OAs voltados à Matemática, com particular destaque para sua flexibilidade na visualização de conceitos e aporte para o desenvolvimento de OAs para ciências exatas de forma geral.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. V. B.; FLÔRES, M. L. P; Objetos de aprendizagem: conceitos básicos. In: TAROUCO, L. M. R *et al.* (org.). **Objetos de Aprendizagem: teoria e prática**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. p. 12-28. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/102993/000937201.pdf?%20sequence=1&isAlloved=y>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- BARBOSA, G. **Manual do professor para utilização de Objetos de Aprendizagem**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/mestradoedumat/wp-content/uploads/sites/134/2011/09/Produto-Educacional-Gisele-Barbosa.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- CASTILLO, L. A.; SÁNCHEZ, I. C. Uso de Python no ensino de matemática: PyGGB e Manim. **ReTEM - Revista Tocantinense de Educação Matemática**, Arraias, v. 1, 2023. DOI: 10.63036/ReTEM.2965-9698.2023.v1.163. Disponível em: <https://ojs.sbemto.org/index.php/ReTEM/article/view/163>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- COLUCI, V. R. Animações de conceitos da teoria de erros usando Manim/Python. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0239. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/YlfHKG9B4HWKZfPtDNgPsn/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

COLUCI, V. R.; KISHIMOTO, E. S. S. Animações para o ensino de matemática usando Manim-python. **Revista eletrônica da Sociedade Brasileira de Matemática**, v. 11, n. 1, p. 50-64, 2023. ISSN: 2319-023X. DOI: <https://doi.org/10.21711/2319023x2023/pmo1104>. Acesso em: 11 abr. 2025

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conducting mixed methods research**. 2. ed. Los Angeles: SAGE, 2011. 574 p.

DIEHL, S. **Software visualization**: visualizing the structure, behavior, and evolution of software. Berlin, New York: Springer, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/221555679_Software_visualization. Acesso em: 11 abr. 2025

FARRELL, D. DataExplore: an application for General Data Analysis in Research and Education. **Journal of open research software**, v. 4, p. 1-8, 2016. DOI: 10.5334/jors.94. Disponível em: <https://openresearchsoftware.metajnl.com/articles/94/files/submission/proof/94-1-977-1-10-20160322.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010. v. 2.

MENDES, R. M.; SOUZA, V. I.; CAREGNATO, S. E. A propriedade intelectual na elaboração de objetos de aprendizagem. In: CINFORM - ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA EM INFORMAÇÃO. **Anais [...]**, Salvador: Encontro Nacional de Ciência da Informação, p. 1-7, 2004. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/548>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MONTALBANO, V. Seeing and interacting with the invisible: a powerful tool for the learning of science. **Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning**, v. 1, p. 1-12, 2014. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1401.3047>. Acesso em: 11 abr. 2025.

PESENTE, G. M. **O ensino de matemática por meio da linguagem de programação Python**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, n. 43/20, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5020/1/ensinomatematicalinguagempython.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2025.

ROSSUM, G. van. **An introduction to Python**. Network Theory Limited, 2003.

SINGH, H. **Introduction to Learning Objects**. 2001.

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Não se aplica

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Introdução: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Referencial teórico: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Análise de dados: Kallel Vinicius Rocha Fiori

Discussão dos resultados: Kallel Vinicius Rocha Fiori

Conclusão e considerações finais: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Referências: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Revisão do manuscrito: Kallel Vinicius Rocha Fiori, Jean Piton-Gonçalves

Aprovação da versão final publicada: Jean Piton-Gonçalves

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

https://github.com/Kallel181/Manim_ReTEM/tree/main

PREPRINT

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

COMO CITAR - ABNT

FIORI, Kallel; PITON-GONÇALVES, Jean. Objetos de aprendizagem para o ensino de matemática: o uso do Manim como ferramenta educacional digital. **ReTEM – Revista Tocantinense de Educação Matemática**. Arraias, v. 3, e25012, jan./dez., 2025. <https://doi.org/10.63036/ReTEM.2965-9698.2025.v3.404>

COMO CITAR - APA

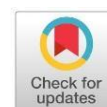
Fiori, K., & Piton-Gonçalves, J. (2025). Objetos de aprendizagem para o ensino de matemática: o uso do Manim como ferramenta educacional digital. **ReTEM – Revista Tocantinense de Educação Matemática**, 3, e25012. <https://doi.org/10.63036/ReTEM.2965-9698.2025.v3.404>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à ReTEM – Revista Tocantinense de Educação Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da ReTEM. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://ojs.sbemto.org/index.php/ReTEM/retratacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto ([Open Access](#)) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja, quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.



LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](#). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iThenticate](#) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](#) da [Crossref](#).



PUBLISHER

Sociedade Brasileira de Educação Matemática - Regional Tocantins ([SBEM-TO](#)). Publicação no [Portal de Eventos e Revistas](#) da SBEM-TO. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa  

AVALIADORES

Dois pareceristas *ad hoc* avaliaram este manuscrito e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

HISTÓRICO

Submetido: 09 de junho de 2025.

Aprovado: 10 de novembro de 2025.

Publicado: 23 de dezembro de 2025.