Mathemagraphia: Um hub de visualizações matemáticas

Antonio Joaquim Brych*, Gerardo Mikael*, Henrique Borges*
*FGV EMAp, Escola de Matemática Aplicada, Fundação Getulio Vargas

***Resumo*—Apresentamos *Mathemagraphia*, uma plataforma web interativa que combina narrativas visuais e visualizações dinâmicas para tornar conceitos matemáticos mais acessíveis. Desenvolvida com foco em exploração e autonomia, a plataforma cobre temas como curvas algébricas, sistemas dinâmicos e fractais por meio de animações responsivas e história contextualizada.**

***Index Terms*—Visualização Matemática; Web Interativa; Animação; Svelte; D3.js**

I. Introdução

Mathemagraphia surge da necessidade de representar visualmente ideias matemáticas complexas de forma intuitiva. Em vez de simplesmente resolver equações, a plataforma permite observar, interagir e experimentar com fenômenos matemáticos. Cada componente foi desenhado com foco em clareza, responsividade e contexto histórico, oferecendo uma experiência fluida para estudantes, professores e entusiastas.

A proposta se diferencia por unir visualização computacional com uma abordagem cronológica da história da matemática. Isso permite que o estudante entenda a origem de certos conceitos em seu devido contexto histórico, o que enriquece tanto a compreensão quanto o engajamento. Diferente de plataformas que são essencialmente ferramentas de graficadores, aqui o foco é narrativo: visualizações são apresentadas em sequências temáticas conectadas.

II. Componentes da Plataforma

A. IntroGlobe e EraMap

O componente `IntroGlobe` apresenta o globo interativo, usado para iniciar a exploração por diferentes épocas e regiões. Em seguida, `EraMap` destaca as áreas temáticas (ex: Grécia Antiga, Ásia Medieval) com acesso direto aos módulos relacionados. Essa estrutura geotemporal permite ao usuário conectar matemática a contextos culturais.

B. Curves

No módulo `Curves`, curvas algébricas clássicas como cardioides, lemniscatas e espirais logarítmicas ganham vida conforme os parâmetros variam. Sliders permitem ajustes em tempo real, reforçando a relação entre fórmula e forma visual. Cada curva é contextualizada histórica e geometricamente.

C. WeierstrassPlot e Mandelbrot

Esse componente combina duas visualizações: a função de Weierstrass, exemplo de função não diferenciável em nenhum ponto, e o conjunto de Mandelbrot, um dos fractais mais icônicos. A função é renderizada a partir de:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{N} a^n \cos(b^n \pi x), \quad 0 < a < 1,\, b \in \mathbb{N},\, ab > 1 + \frac{3\pi}{2}$$

No código, usamos um fator de normalização `norm` para que a amplitude fique contida em uma escala constante, facilitando comparabilidade visual entre diferentes parâmetros.

Para o conjunto de Mandelbrot, usamos a equação iterativa:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c, \quad z_0 = 0,$$

com $c \in \mathbb{C}$ variando por pixel da tela. A renderização foi otimizada com canvas 2D e espaçamento linear. O código ainda permite animação por número de iterações `maxIter`, zoom e controle do centro via sliders. Isso permite observar a complexidade crescente dos limites conforme o zoom se aprofunda.

D. Gamificação e Engajamento

Incorporamos elementos de gamificação para estimular a exploração voluntária:

- Transições visuais suaves para manter o foco atencional.
- Checkpoints visuais ao final de cada módulo.
- Feedbacks visuais imediatos ao interagir com sliders e botões.
- Títulos e legendas inspirados em temas históricos ou enigmas matemáticos.

Esses mecanismos têm por objetivo promover o fluxo de navegação, sem depender de instruções formais.

E. CoinSimulation

Modelo simples de experimento de Bernoulli com lançamentos de moeda. Mostra a convergência da proporção de caras para 0.5, reforçando a Lei dos Grandes Números. Animado com histograma dinâmico.

F. DynamicSystem

Simulação do pêndulo duplo, implementado com integração de Euler. Parâmetros como massas, comprimentos e gravidade podem ser ajustados. O comportamento caótico é visível graficamente.

G. Mandelbrot

Visualiza o conjunto de Mandelbrot com renderização em canvas para performance. Cada pixel representa um ponto $c = x + iy$, iterado via:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c.$$

A interação permite zoom e mudança de cores.

III. Plataformas Relacionadas e Ensino

Diversas plataformas contribuem para a educação matemática digital, entre elas o Desmos, o GeoGebra, o Mathigon, o Math Genealogy Project e o https://mathigon.orgMathigon. O Desmos se destaca como graficador intuitivo e responsivo, muito usado no ensino médio e superior. O GeoGebra é ainda mais abrangente, com suporte a geometria dinâmica, cálculo, estatística e álgebra, integrando essas disciplinas em uma interface única. O Mathigon aposta em uma narrativa gamificada, interativa, com atividades guiadas que abordam temas como álgebra, topologia e criptografia.

O Math Genealogy Project é uma base de dados voltada para história acadêmica da matemática, rastreando a linhagem de orientadores e alunos desde o século XVII. Embora não ofereça visualizações de conteúdo matemático em si, é uma fonte rica para conectar matemática a trajetórias individuais e institucionais.

O MathICONS, mais recentemente, propõe uma abordagem modular e responsiva para exploração visual de tópicos específicos como grafos, simetrias e equações diferenciais. Apesar de seu foco mais voltado para visualizações isoladas e componentes individuais, seu modelo inspirou parte da modularização do *Mathemagraphia*.

A diferença fundamental de nossa proposta está na combinação: interatividade, visualização dinâmica, narrativa cronológica e referências culturais em um único fluxo. Em vez de ferramentas isoladas, propomos um ambiente integrado com sequências visuais orientadas por história.

IV. Implementação Técnica

A plataforma utiliza Svelte para componentes declarativos e D3.js para renderização vetorial. Um `IntersectionObserver` detecta quais seções estão visíveis e sincroniza estados (por exemplo, reiniciar animações ou trocar fundo da página). Essa abordagem favorece fluidez, reduz o consumo de memória e facilita expansão modular.

V. Conclusão e Futuro

Mathemagraphia organiza experiências matemáticas em uma narrativa visual acessível. Futuramente, pretendemos:

- Adicionar modo ”guiado”com sequências e objetivos.
- Incluir módulos de álgebra linear e topologia.
- Otimizar visualizações com WebGL para cálculos mais intensivos.
- Desenvolver plano de aula e material complementar integrado a cada módulo.
- Avaliar uso em contexto escolar por meio de parcerias com professores.
- Integrar badges e desafios opcionais por conquistas de exploração.
- Traduzir a interface para inglês e espanhol para ampliar alcance internacional.

Agradecimentos

Agradecemos à FGV EMAp, ao MacTutor History of Mathematics Archive pelo suporte histórico e ao professor Jorge Poco pela orientação no projeto.