

MAGNITUDE STUDIUM: UM MICROMUNDO COM SUPORTES PARA O ENSINO DE ÁREA E PERÍMETRO DE FIGURAS PLANAS

Anderson Douglas Pereira Rodrigues da Silva¹

RESUMO

Esta pesquisa, recorte de uma tese de doutorado, tem como objetivo explicitar o processo de experimentação e validação de um micromundo denominado Magnitude Studium (MS), desenvolvido como elemento de suporte ao professor para o ensino de área e perímetro. A prototipação do MS adotou um Modelo de Processo de Software construído com base na Engenharia Didático-Informática desenvolvida por Ricardo Tibúrcio, que alia aspectos da Engenharia Didática estudada por Michèle Artigue e da Engenharia de Software presente nos estudos de Pressman. Esse processo é constituído por cinco fases: Análises Preliminares; Análise de Requisitos; Análise *a priori* e Prototipação; Experimentação; Análise *a posteriori* e Validação. Na experimentação, explicitamos como o *software* foi testado com docentes (especialistas em grandezas e medidas e em informática e educação matemática). Os resultados dessa fase culminaram na Análise *a posteriori* e Validação, que nos permitiu verificar, com base nas avaliações realizadas pelos especialistas, que o protótipo do *software*, embora apresente alguns erros no sistema, contempla muitos pontos fortes para o ensino de área e perímetro de figuras planas: a presença do tangram, dos polígonos, das diferentes ferramentas de cortes, da variedade de malhas, da possibilidade de medir a área e o perímetro por meio da fita métrica, da decomposição dos lados de uma figura para o estudo do perímetro, das ferramentas do menu quadratura e da construção de diferentes figuras poligonais. Os especialistas sugerem o aprimoramento da ferramenta de colagem (composição), uma opção de escolher as unidades de medidas convencionais, as escalas das malhas e a possibilidade de desvincular uma figura criada na malha. A riqueza dos elementos elencados pelos especialistas nas análises realizadas nos menus e ferramentas do MS permitiu-nos refletir sobre possíveis avanços e adaptações para uma versão definitiva desse *software*.

Palavras-chave: Área, Engenharia Didático-Informática, Engenharia de Software, Grandeza Geométrica.

INTRODUÇÃO

Este artigo, recorte de uma tese de doutorado, tem como objetivo explicitar o processo de experimentação e validação de um micromundo² digital denominado

¹ Doutor pelo Curso de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Professor da Universidade de Pernambuco. E-mail: anderson.rodriguessilva@upe.br.

² São *software* que permitem aos alunos mergulharem em um ambiente virtual projetado para apresentar propriedades que favorecem certos objetivos pedagógicos traçados a priori. Isto é, modelagem de um domínio especificamente adaptado a alguma aprendizagem direcionada, com características como reversibilidade de ações, repetição de sequências ou análise, a posteriori, de ações realizadas (TCHOUNIKINE, 2011, p.2, tradução nossa).



Magnitude Studium (MS)³, concebido como recurso de apoio ao professor no ensino de área e perímetro. A proposta de desenvolvimento desse software surge da necessidade de enfrentar dificuldades recorrentes de aprendizagem desses conceitos, amplamente apontadas em pesquisas nacionais e internacionais.

Entre os principais obstáculos relatados destacam-se: a confusão entre área de figuras planas e seu perímetro (SILVA, 2015; FERREIRA, 2010, 2018); a associação equivocada da área com a própria figura; a dificuldade em aceitar que figuras distintas possam possuir a mesma área; bem como o entendimento errôneo que a quantidade de lados de uma figura é sua área (SILVA, 2016). Soma-se a esses aspectos a utilização inadequada das unidades de medida, quando estudantes expressam a área em unidades lineares como centímetros ou metros, em vez de utilizarem unidades quadradas, próprias de uma grandeza bidimensional (ONOFRE, 2018).

Com o intuito de oferecer uma alternativa didática para superar essas dificuldades, o MS foi desenvolvido com base em um método de concepção de softwares educacionais proposto por Tibúrcio (2016). Esse método, estruturado em seis etapas – delimitação do campo, análises preliminares, análise de requisitos, análise a priori e prototipação, fase experimental, análise a posteriori e validação – havia sido anteriormente aplicado por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco na criação de outros artefatos digitais, como o *Function Studium*, destinado ao estudo de funções numéricas (SILVA, C., 2016), e o *Cônicas*, voltado à exploração computacional das representações semióticas das cônicas (SIQUEIRA; BELLEMAIN, 2018).

A fundamentação metodológica para o desenvolvimento do MS encontra-se na Engenharia Didático-Informática (EDI) (TIBÚRCIO, 2016), que integra elementos da Engenharia de Software (ES) e da Engenharia Didática (ARTIGUE, 1996)⁴. A ES organiza o processo de desenvolvimento em etapas como concepção, elaboração, finalização e viabilização (BENITTI *et al.*, 2005), enquanto a Engenharia Didática contribui com análises preliminares de dimensões didáticas, cognitivas e epistemológicas, além da análise a priori, da experimentação e da validação. A EDI avança ao acrescentar

³ Após algumas modificações de layout, este software na atualidade, chama-se Ateliê Magnitude.

⁴ A engenharia didática caracteriza-se por um esquema experimental baseado em “realizações didáticas” na sala de aula, isto é, na concepção, na realização, na observação e na análise de sequências de ensino (ARTIGUE, 1996, p. 196).



a dimensão “informática”, contemplando aspectos específicos da Engenharia de Requisitos⁵ e das funcionalidades técnicas de um software educacional.

Neste artigo, o foco recai sobre as fases de experimentação e validação do MS, consideradas etapas cruciais do processo de desenvolvimento, uma vez que permitem testar o protótipo, identificar falhas, levantar sugestões de melhorias (interface, comandos, botões, menus, interatividade, etc.) e verificar a adequação do software aos objetivos didáticos que orientaram sua criação, notadamente o de oferecer suporte ao ensino e à aprendizagem de área e perímetro.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, explicitamos a fundamentação do quadro teórico-metodológico da Engenharia Didático-Informática, que contempla o modelo de processo de *software* desenvolvido por Tibúrcio (2016), gerado a partir dessa engenharia. Esse modelo norteou o desenvolvimento do MS.

A ENGENHARIA DIDÁTICO INFORMÁTICA

A Engenharia Didático-Informática (EDI) configura-se como uma abordagem inovadora voltada ao desenvolvimento de produtos tecnológicos de qualidade para o ensino e a aprendizagem de conceitos matemáticos (TIBÚRCIO, 2016). Nessa perspectiva, o autor propõe um modelo de processo de software estruturado em diferentes fases, as quais são permeadas pelas dimensões cognitiva, didática e epistemológica, oriundas da Engenharia Didática (ARTIGUE, 1996). Ao articular essas dimensões, a EDI busca assegurar que o desenvolvimento tecnológico esteja intrinsecamente alinhado às necessidades de ensino, de aprendizagem e de construção do conhecimento matemático.

No âmbito da EDI, Tibúrcio (2016) amplia as análises preliminares ao incluir a dimensão informática, com o propósito de investigar tanto as potencialidades quanto as limitações do computador no tratamento da complexidade do conhecimento matemático, bem como em sua construção e ensino. Dessa forma, as dimensões cognitiva, didática, epistemológica e informática passam a dialogar de modo integrado, fornecendo um arcabouço mais robusto para a concepção de softwares educativos. As fases do modelo proposto na EDI são apresentadas por Silva, César (2016), que o aplicou no

⁵ [...] é um processo de descoberta, refinamento, modelagem e especificação, ou seja, é o processo pelo qual os requisitos de um produto de *software* são coletados, analisados, documentados e gerenciados ao longo de todo o ciclo de vida do *software* (PRESSMAN, 1995).



desenvolvimento de um micromundo voltado ao estudo de funções numéricas, conforme descrito a seguir:

i) Delimitação do campo: Tal delimitação define o campo de conceitos matemáticos a ser abordado pelo software.

ii) Análises preliminares: Nesta fase o objeto matemático a ser abordado pelo software é situado no contexto das pesquisas já realizadas, abordando-se os aspectos cognitivos, didáticos, epistemológicos e informáticos relacionados ao objeto. Os resultados desta análise fundamentam as principais necessidades do software.

iii) Análise de requisitos: Tal análise tem por objetivo “traduzir” as necessidades geradas na fase anterior em ferramentas e características do software, ou seja, os requisitos do sistema são definidos com base nos resultados das análises preliminares.

iv) Análise a priori e prototipação: Nesta fase se dão o desenvolvimento do protótipo e a análise a priori, ou seja, uma análise das situações de uso e dos possíveis problemas que possam decorrer da utilização do software, a fim de corrigi-los.

v) Fase experimental (teste piloto, com professores, com alunos): Após o desenvolvimento do protótipo, se dá a fase experimental, na qual ocorrem os testes do software com os sujeitos destinados ao seu uso, como professores e estudantes, antecidos por um teste piloto que pode gerar necessidades de ajustes.

vi) Análise a posteriori e validação: Esta fase tem por objetivo analisar, com base nos testes do software e em comparação com a análise a priori, se os objetivos estabelecidos para o software foram alcançados, resultando na validação do software (SILVA, C., 2016, p. 25-27).

Com relação a esse último aspecto avaliação/validação do *software* educativo Bellemain, Ramos e Santos (2015, p.4) deixam claro que, além da validação técnica (testes, *benchmark*⁶) e da validação do uso na sala de aula (aceitação pelos usuários finais), existe uma validação teórica que é realizada pelos especialistas das áreas de conhecimento”. Essa última será tratada neste texto.

DESENVOLVIMENTO DO MAGNITUDE STUDIUM

Com relação à *delimitação do campo*, optou-se pelo Campo Conceitual⁷ das Grandezas e Medidas, com ênfase nos conceitos de área e perímetro, uma vez que estes constituíam, à época, o eixo central da pesquisa do autor deste trabalho. Desde 2015, ele vinha investigando as dificuldades de aprendizagem relacionadas a tais conceitos, bem como o potencial do uso de recursos informáticos para contribuir com a sua compreensão (SILVA, 2015, 2016). Na segunda etapa das *análises preliminares*, foi realizado um estudo histórico-epistemológico da complexidade do conceito de área ao longo da

⁶ Trata-se de um conjunto de critério, parâmetro de referência e qualidade, neste sentido voltado ao desenvolvimento de *software*.

⁷ Um campo conceitual é um conjunto de situações-problema, conceitos, representações e invariantes operatórios que se articulam e se desenvolvem em conjunto durante o processo de aprendizagem (VERGNAUD, 1996).



história, partindo das primeiras civilizações até a formalização matemática. Nesse percurso, destacam-se três grandes abordagens:

- Em Euclides, a área é apresentada de forma geométrica e dedutiva, vinculada à lógica dos Elementos e à comparação entre figuras (Bicudo, 2009).
- Em Hilbert (1971), surge uma perspectiva mais formal e axiomática, buscando a fundamentação rigorosa da geometria e de suas grandezas.
- Em Lebesgue (1975), a noção de área se amplia para o campo da análise, sendo tratada pela medida, o que permitiu generalizações em contextos mais abstratos.

Na dimensão didática, considerou-se a área como uma grandeza (DOUADY; PERRIN-GLORIAN, 1989), discutindo também o ensino de área e perímetro e seus efeitos a partir de recursos concretos (SANTANA, 2006). No âmbito cognitivo, analisaram-se as principais dificuldades dos estudantes, como a persistência em concepções geométricas (amálgama entre a figura e a área) ou numéricas (confusão entre a área de uma figura e sua medida) de área, além da confusão entre área e perímetro. Nesse contexto, recorreu-se à Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (1996), que permite compreender como diferentes situações conferem sentido ao conceito de área como grandeza, apoiando-se ainda em contribuições de Baltar (1996) e Ferreira (2010). Por fim, na dimensão informática, foram realizadas análises de diversos softwares que abordam área e perímetro, considerando tanto os aspectos didáticos quanto os técnicos: ferramentas de planejamento, compatibilidade, portabilidade, interface atrativa, facilidade de uso, recursos autoexplicativos e navegabilidade. Com base nesses estudos, foram elencados requisitos para o desenvolvimento do MS, a fim de atender de maneira pertinente ao ensino e à aprendizagem de área e perímetro de figuras planas, conforme apresentado na imagem a seguir.

Quadro 1 – Requisitos para o MS

Ferramentas e menus específicos para trabalhar a abordagem de área:

Corte e colagem; Mover figuras; Rotação; Reflexão; Malha (quadrada, isométrica e hexagonal, pontilhada ou não); Opção de Magnetismo nas malhas; Ladrilhos predefinidos (Tangram e Poliminós); Ferramentas de medir área: medir área, perímetro e comprimento; Construção de objetos geométricos (ponto, ponto sobre objeto, ponto de intersecção, ponto médio, reta, reta paralela, reta perpendicular, segmento de reta, semirreta, circunferência e arco, mediatriz e bissetriz, compasso); Opção de deixar o polígono rígido; Polígono regular e outras ferramentas comuns aos softwares de matemática dinâmica.

Ferramentas de acessibilidade:

Compatibilidade com a plataforma web; Interface atrativa; Facilidade no manuseio; Ferramentas autoexplicativas; disponibilidade de tutorial, navegabilidade pelo teclado.

Fonte: elaborada pelo autor da pesquisa

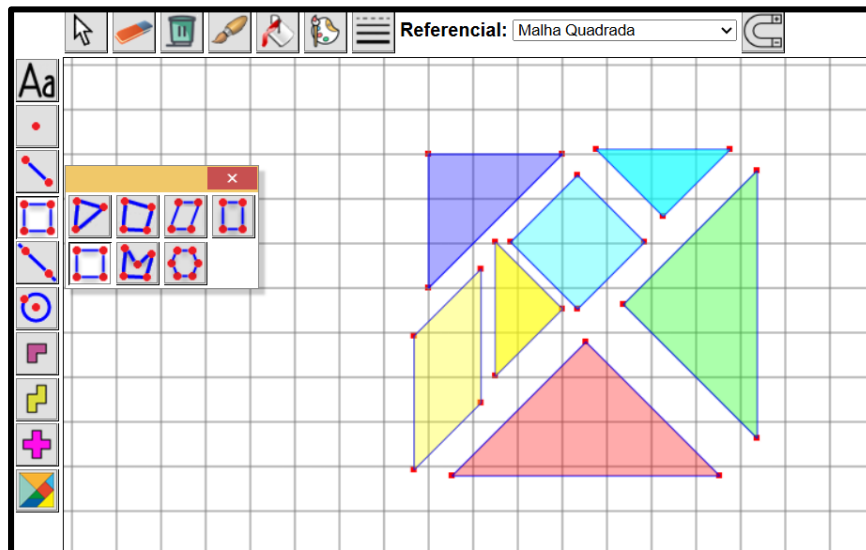


Esses requisitos foram encaminhados ao engenheiro programador, que possuía formação tanto em desenvolvimento de software quanto em didática da matemática, e que atuou como orientador deste estudo. A partir disso, iniciou-se a programação do protótipo, o qual apresentamos a seguir.

CONHECENDO O MAGNITUDE STUDIUM

Optamos por desenvolver o MS para plataforma *web* utilizando as linguagens *HTML (HTML5)*, *CSS* e *JAVA SCRIPT*. Para Tibúrcio (2016), essas linguagens podem ser interpretadas como um padrão por qualquer *browser* e editadas por meio de tratamento de texto. Apresentamos a seguir a *interface* do MS desenvolvida para teste e experimentação, fases do modelo de Tibúrcio (2016). Logo após, explicitamos cada uma das ferramentas e suas funcionalidades.

Figura 2- Interface do MS



Fonte: da pesquisa

O MS dispõe de um conjunto de ferramentas organizadas em categorias que favorecem tanto a manipulação quanto a construção de objetos matemáticos. No grupo de manipulação, encontram-se o ponteiro, que permite mover elementos e desativar funções ativas; a borracha, utilizada para ocultar e reaparecer objetos; e a lixeira, responsável pela exclusão definitiva das construções. Na categoria de desenho e personalização, destacam-se o lápis, que possibilita a criação de vértices, lados e retas; o *brush* (pincel), voltado para a coloração dos contornos; o *fill* (balde de tinta), que permite preencher áreas internas; a *palette* (aquarela de cores), que oferece uma variedade de tonalidades e níveis de transparência; e o *linestyle*, que possibilita a escolha de diferentes



estilos de linha. No que se refere à organização espacial, o referencial oferece múltiplas opções de eixos e malhas (quadriculada, isométrica, hexagonal ou pontilhada), recurso que se articula ao ímã, capaz de ativar ou desativar o magnetismo para facilitar o alinhamento dos objetos. Por fim, na categoria de construção de figuras, o software disponibiliza recursos para a elaboração de polígonos, tangram e poliminós, além de ferramentas voltadas à decomposição, colagem e reorganização de figuras, potencializando o estudo dos conceitos de área e perímetro em diferentes níveis de complexidade. As seções a seguir detalharão a fase de experimentação e validação do MS, apresentando os procedimentos adotados, os contextos de aplicação, bem como as análises realizadas a partir das interações dos participantes com o software.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi de natureza qualitativa e exploratória, por se mostrar adequada à compreensão das percepções, significados e contextos atribuídos pelos participantes ao processo de experimentação e validação do software (SCHIRLO; DA SILVA, 2013). O experimento contou com a participação de seis sujeitos da área de Educação Matemática — cinco professores da Educação Básica e um do Ensino Superior — com experiência em ensino e pesquisa nos campos de grandezas e medidas e de tecnologias aplicadas ao ensino de matemática. Para a organização do trabalho, os participantes foram distribuídos em duplas, cada uma composta por um pesquisador da área de grandezas e medidas e outro da informática, com acesso a computadores conectados à internet, nos quais o MS estava disponível em uma plataforma denominada de Lematec Studium.

Previamente à realização das atividades, todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com a participação na pesquisa e com o uso dos materiais produzidos, resguardada a preservação da identidade. O experimento ocorreu em encontros distintos, iniciando-se com uma apresentação do estudo e do objetivo do micromundo — apoiar o ensino de área e perímetro em um ambiente informático dinâmico.

Para a coleta de dados, foram utilizados três formulários de análise do MS: dois voltados aos aspectos técnicos (funcionalidade, usabilidade, interface, navegabilidade, entre outros) e um direcionado aos aspectos pedagógicos (motivação, desenvolvimento de competências, autonomia, interatividade e contextualização curricular) e, por fim, precisariam apontar as potencialidades e limitações do MS para o ensino de área e



perímetro de figuras planas. As respostas foram registradas a partir de escalas de avaliação (“adequadamente”, “parcialmente” e “insatisfatoriamente”), acompanhadas de justificativas escritas. Complementarmente, todo o processo foi gravado por meio de software de captura de tela e câmera externa, de modo a registrar interações, diálogos e procedimentos realizados pelas duplas durante o uso do MS, possibilitando maior aprofundamento na análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como relatamos, para avaliar as ferramentas do MS, as duplas precisaram explorar cada uma delas e, então, assinalar em formulários as opções: adequadamente, parcialmente e insatisfatoriamente, atestando ou não seu funcionamento e justificando essas duas últimas escolhas. Apresentaremos uma síntese das avaliações dos pesquisadores a cada formulário em virtude das limitações deste tipo de texto.

ANÁLISE DE ASPECTOS TÉCNICOS

As análises das três duplas convergem para a necessidade de aperfeiçoar a usabilidade, a clareza visual e a padronização da linguagem do MS, destacando problemas de tradução e nomenclatura. Também apontam a importância de recursos auxiliares de navegação e ergonomia, como orientações nos ícones, comandos de desfazer construções geométricas e ampliação das figuras construídas na interface. No design gráfico, ressaltam dificuldades de interpretação visual e ambiguidades entre ferramentas, sugerindo traçados mais claros e intuitivos. Por fim, observa-se que, embora o software disponha de diversos recursos, sua organização e acessibilidade precisam ser revistas para favorecer uma experiência de uso mais fluida e autônoma.

ANÁLISE DE ASPECTOS TÉCNICOS MAIS PONTUAIS

O formulário 2, denominado “Análise de Aspectos Técnicos mais Pontuais”, teve como objetivo avaliar o MS no que se refere ao design da interface, às ferramentas, aos menus e demais funcionalidades. As análises das duplas evidenciaram que, embora o manuseio geral do software tenha sido considerado adequado, persistem fragilidades na sinalização das ferramentas, no diálogo com o usuário e na clareza dos comandos.



avaliados apenas como “parciais”. Apontaram ainda a pouca intuição de determinadas funções, a ausência de mensagens de retorno e a inexistência de um tutorial que auxilie o usuário, fatores que exigem maior tempo de familiarização para a exploração plena do ambiente. Em contrapartida, ressaltaram como aspecto positivo a compatibilidade com a web, uma vez que dispensa instalação e facilita a utilização em contexto docente. Todas essas observações foram consideradas pertinentes para orientar o aprimoramento do software, de modo a potencializar sua contribuição no ensino e aprendizagem dos conceitos de área e perímetro.

ANÁLISE DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS

As análises das duplas evidenciaram percepções distintas sobre o potencial pedagógico do MS. A dupla 1 não classificou os itens do formulário, ressaltando que a efetividade do software depende do contexto de uso, do planejamento docente e da proposta curricular, embora destaque a importância de tornar as ferramentas mais intuitivas para favorecer a concentração e a autonomia dos estudantes. A dupla 2 avaliou a maior parte dos itens como “adequados”, exceto o que se refere à autonomia, considerado apenas “parcial”, por depender da condução didática — sobretudo quando o aluno segue instruções rígidas, o que pode limitar sua independência. Já a dupla 3 considerou o software adequado em todos os aspectos pedagógicos e apontou convergências com habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular, especialmente nas unidades temáticas de Geometria e Grandezas e Medidas, enfatizando conteúdos como polígonos, figuras planas, área e perímetro, inclusive em situações que envolvem números irracionais. Essa dupla ainda destacou que o MS ultrapassa a exploração de conceitos geométricos, apresentando um potencial mais amplo para a aprendizagem matemática.

ANÁLISE RELATIVA AOS CONCEITOS DE ÁREA E PERÍMETRO

As análises das duplas evidenciam que, embora tenham sido identificadas fragilidades no MS relacionadas a aspectos técnicos e pedagógicos, o software apresenta grande potencial para o ensino da área e do perímetro de figuras planas. Entre os recursos disponíveis, destacam-se o tangram, os poliminós, as diferentes malhas, as ferramentas de corte e colagem, a construção de figuras, a fita métrica, a possibilidade de



decomposição dos lados para o estudo do perímetro, bem como as funcionalidades do menu quadratura. Tais recursos favorecem tanto a compreensão conceitual quanto a exploração prática desses conceitos. No que se refere à área, observa-se que o MS oferece possibilidades significativas de exploração, enquanto, em relação ao perímetro, permite um trabalho consistente desde que acompanhado por um planejamento didático cuidadoso e pela mediação do professor. Contudo, foi ressaltada a ausência de ferramentas específicas para explorar o perímetro de figuras não poligonais, o que constitui uma limitação a ser considerada em futuras versões.

Os especialistas (sujeitos que analisaram o software) sugerem ainda aprimoramentos importantes, como o aperfeiçoamento da ferramenta de colagem (composição), a inclusão da opção de selecionar unidades de medida convencionais, a possibilidade de ajustar as escalas das malhas e de desvincular figuras criadas nelas. A riqueza dos elementos elencados nas análises permitiu refletir sobre avanços e adaptações necessárias, reforçando a perspectiva de que, com ajustes técnicos e a ampliação de suas funcionalidades, o MS pode consolidar-se como um recurso didático potencialmente relevante para o ensino e aprendizagem de área e perímetro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas ao longo da pesquisa evidenciam que o micromundo Magnitude Studium apresenta potencial como ferramenta de suporte ao ensino de área e perímetro, destacando-se recursos como malhas variadas, tangram, poliminós, ferramentas de corte e colagem, construção de figuras e a fita métrica, capazes de favorecer a compreensão conceitual e a exploração prática desses conceitos. Observou-se, entretanto, que aspectos técnicos e de usabilidade — como padronização da linguagem, sinalização de ferramentas, tutoriais e recursos para figuras não poligonais — demandam aprimoramentos para garantir maior clareza, autonomia e efetividade pedagógica.

Do ponto de vista da aplicação empírica, os resultados indicam que o referido software pode ser incorporado ao trabalho docente como um recurso dinâmico e interativo, contribuindo para a contextualização do ensino, o desenvolvimento de competências e a mediação da aprendizagem de forma flexível, desde que aliado ao planejamento didático do professor. Além disso, a pesquisa abre oportunidades para estudos futuros, seja na investigação do impacto do MS em diferentes níveis de ensino,



na análise da aprendizagem de conceitos geométricos ou no aprimoramento de ferramentas digitais voltadas à matemática.

Em síntese, as conclusões deste estudo reforçam a relevância do MS como instrumento didático, ao mesmo tempo que destacam a necessidade de pesquisas adicionais para avaliar sua aplicabilidade em contextos variados, dialogando com as análises das duplas e evidenciando caminhos para avanços na integração entre tecnologias digitais e ensino de matemática.

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. In: BRUN, J. **Didática das Matemáticas**. Tradução de: Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. Cap. 4. p. 193-217.

BELLEMAIN, F. G. R.; RAMOS C. S.; dos SANTOS, R. T. Engenharia de Software Educativos, o caso do Bingo dos Racionais. In: VI SIPEM - Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, 2015, Pirenópolis. **Anais do VI SIPEM**. Brasília: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2015. v. 1. p. 1-12.

BENITTI, F. B. V.; SEARA, E. F. R.; SCHLINDWEIN; L. M. **Processo de Desenvolvimento de Software Educacional**: proposta e experimentação. 2005. Disponível em: <http://www.seer.ufgrs.br/renote/article/viewFile/13849/8025>. Acesso em 08 ago. 2025.

BICUDO, I. **Os elementos/Euclides**. Tradução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora Unesp, 2009.

DOUADY, R.; PERRIN-GLORIAN, M. J. Un processus d'apprentissage du concept d'aire de surface plane. **Educational Studies in Mathematics**.v.20, n.4, p. 387-424, 1989.

FERREIRA, L. de F. D. **A construção do conceito de área e da relação entre área e perímetro no 3º ciclo do ensino fundamental**: estudos sob a ótica da teoria dos campos conceituais. 2010. 191f. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro de Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

FERREIRA, L. de F. D. **Um estudo sobre a transição do 5º ano para o 6º ano do ensino fundamental**: o caso da aprendizagem e do ensino de área e perímetro. 2018. 386 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Educação. Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica, 2018.

HILBERT, D. **Foundations of geometry**. Tradução por Leo Unger. United States of America: Open Court Publishing Company, 1971. Versão inglesa.

LEBESGUE H. **La mesure des grandeurs**. Librairie A. Blanchard, Paris, 1975.

ONOFRE, Eduardo José de Oliveira. **Medidas de comprimento e de área**: um estudo sobre unidades de medidas e sobre o cálculo de áreas de algumas figuras planas. 2018.



Monografia (Graduação em Matemática) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. Trad. Santos, J. C. B dos. 3ª Ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil. 1995.

SANTANA, W. M. G. de. **O uso de recursos didáticos no ensino do conceito de área**: uma análise de livros didáticos para as séries finais do ensino fundamental. 2006. 192 f. Dissertação (Mestrado em Educação)- Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SCHIRLO, Ana Cristina; DA SILVA, Sani de Carvalho Rutz. A pesquisa qualitativa na educação matemática: um diálogo auxiliando a formação do professor/pesquisador. **Revista Espacios**, v. 34, n. 12, p. 16, 2013. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a13v34n12/13341217.html>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SILVA, A. D. Área de figuras planas com o *Apprenti Géomètre 2*: análise de uma atividade. In: **Anais da Conferência Interamericana de Educação Matemática, XIV**, 2015, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 2015.

SILVA, A. D. P. R. da. **Ensino e aprendizagem de área como grandeza geométrica**: um estudo por meio dos ambientes papel e lápis, materiais manipulativos e no *Apprenti Géomètre 2* no 6º ano do ensino fundamental. 2016. 315 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica)- Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SILVA, C. T. J. da. **A engenharia didático-informática na prototipação de um software para abordar o conceito de taxa de variação**. 2016. 163 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – EDUMATEC). Recife, UFPE. 2016.

SIQUEIRA, J. E.; BELLEMAIN, F. **Dynamic Multirepresentational resource for conics**. 2018. Disponível em: <https://resources-2018.sciencesconf.org/resource/page/id/8>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**. 9ª Edição. Editora Pearson: Boston, 2011.

TCHOUNIKINE, P. **Computer Science and Educational Software Design: A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning**. Ed. Springer. 2011.

TIBÚRCIO, R. S. **Processo de desenvolvimento de software educativo**: um estudo da prototipação de um software para o ensino de função. 2016. 112 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – Edumatec). Recife, UFPE. 2016.

VERGNAUD, Gérard. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n°. 2-3, p. 133-170, 1990.

