

Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional

Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation

Petese, una herramienta ergonómica pedagógica para la evaluación de software educativo a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation

MAYRA CAMELO MADEIRA DE MOURA¹

DAIANE SOARES VERAS²

RESUMO

Os softwares educacionais vêm se desenvolvendo no mercado cada vez mais nos últimos anos, e avaliar a qualidade desses programas é essencial. Muitos autores criaram listas de verificação de avaliação, mas poucos integram aspectos pedagógicos e ergonômicos. Além disso, muitos visam ajudar professores a selecionar um software adequado para sua didática. O presente estudo propõe uma ferramenta para softwares educacionais de matemática com base em uma abordagem de aprendizado por descoberta (PETESE) e tem como objetivo destacar os critérios importantes de desenvolvimento do software antes de lançá-lo no mercado. Os critérios são reunidos nas áreas da educação, matemática e ergonomia e são analisados por meio da metodologia de anassíntese. O PETESE é finalmente aplicado a um caso concreto, o software educacional de matemática GGBook, um livro digital desenvolvido pelo laboratório Ábaco (Universidade de Brasília), com base no ambiente GeoGebra, e integra facilidades entre os elementos gráficos e as operações. Os resultados desta pesquisa destacam a importância de um referencial específico no processo de criação de um software de matemática, apontando para elementos que o software precisa aprimorar antes de entrar no mercado.

Palavras-chave: PETESE; software educacional; avaliação preditiva; usabilidade pedagógica; software matemático; aprendizagem por descoberta.

ABSTRACT

Educational software is increasingly developed on the market these recent years. Evaluating their quality is required. Many authors have created evaluation checklists, but few join pedagogical and ergonomic aspects. Moreover, most of them aim to help teachers select adequate software in their teaching. The present study proposes a tool for educational software of mathematics based on a discovery learning approach (PETESE), and aims to highlight the important development criteria of the software's design process before launching it on the market. The criteria are gathered in the field of education, mathematics, and ergonomics, and analyzed through the anasynthesis methodology. PETESE is finally applied to a concrete case, the educative software of mathematical GGBook, a numeric book developed by the Abaco's lab (University of Brasilia) based on the GeoGebra environment and integrating facilities between the graphics and the operations elements. The results of this research show the importance of a specific referential in the creation process of mathematical software of mathematics, pointing to elements the software needs to focus better on before entering the market.

1 Instituto Federal de Goiás (IFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-5735>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2815550082680686>. E-mail: mayra.moura@ifg.edu.br.

2 Instituto Federal de Goiás (IFG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-9499>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8626933769193219>. E-mail: daiane.veras@ifg.edu.br.

Keywords: PETESE; educational software; predictive evaluation; pedagogical usability; mathematical software; discovery e-learning.

RESUMEN

Los softwares educativos se están desarrollando cada vez más en el mercado en los últimos años, por lo que evaluar la calidad de estos programas es esencial. Muchos autores han creado listas de verificación para la evaluación, pero pocos integran aspectos pedagógicos y ergonómicos. Además, muchos tienen como objetivo ayudar a los profesores a seleccionar un software adecuado para su enseñanza. El presente estudio propone una herramienta para programas educativos de matemáticas basada en un enfoque de aprendizaje por descubrimiento (PETESE) y tiene como objetivo destacar los criterios importantes para el desarrollo del software antes de lanzarlo al mercado. Los criterios se reúnen en las áreas de educación, matemáticas y ergonomía y se analizan mediante la metodología de anátesis. El PETESE se aplica finalmente a un caso concreto, el software educativo de matemáticas GGBook, un libro digital creado por el laboratorio Ábaco (Universidad de Brasilia), basado en el entorno GeoGebra, que integra facilidades entre los elementos gráficos y las operaciones. Los resultados de esta investigación destacan la importancia de un marco de referencia específico en el proceso de creación de un software de matemáticas, señalando los elementos que el software debe mejorar antes de salir al mercado.

Palabras clave: PETESE; software educativo; evaluación predictiva; facilidad de uso pedagógico; software matemático; aprendizaje por descubrimiento.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma tradução do artigo originalmente publicado em língua inglesa “Petese, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation”, fruto da pesquisa dos autores Coomans e Lacerda (2015). Apesar de ser um trabalho publicado há alguns anos, o estudo original continua sendo amplamente citado, com mais de 40 citações desde o lançamento, sendo 26 destas nos últimos 5 anos. Ademais, o fato de ser frequentemente citado em teses, dissertações e artigos de alto impacto recentes mostra que sua relevância permanece forte na área de tecnologias educacionais. Os resultados deste trabalho apresentam-se como base sólida para novas pesquisas, validações e desenvolvimentos de softwares educacionais, principalmente no Brasil, o que justifica a realização desta tradução.

A ferramenta desenvolvida neste estudo, PETESE, apresenta-se como uma contribuição crucial para a área de tecnologias educacionais por agregar três eixos importantes, porém raros nos modelos de avaliação de softwares educacionais: ergonomia, usabilidade e pedagogia. Sua usabilidade prática foi comprovada especialmente em ferramentas digitais focadas no ensino de matemática e no desenvolvimento cognitivo. Em suma, o modelo PETESE responde à demanda por sistemas de avaliação integrados e robustos, capazes de fornecer critérios rigorosos e factíveis para o design e o desenvolvimento de objetos digitais de aprendizagem. A tradução do artigo original inicia-se a partir do próximo parágrafo.

A terceira revolução industrial, ou revolução tecnológica, impacta grandemente a vida das pessoas mundo afora, permitindo a globalização da informação (Rifkin, 2011). Isso leva ao aumento de atividades que fazem uso da tecnologia e abre novos horizontes em todos os campos. A combinação da educação e da tecnologia gera oportunidades crescentes tanto para o ensino quanto para a aprendizagem.

As novas tecnologias da informação e comunicação (TICs) afetam diretamente os métodos de ensino, as práticas de sala de aula, bem como seus recursos. Os estudos, no entanto, têm indicado que trabalhar com novas tecnologias não é tão simples quanto se imaginava e requer preparação e materiais adequados disponíveis (Libâneo, 2006). Isso resulta num grande desafio ao ensino tradicional. Enquanto alguns professores são relutantes com a mudança, outros buscam melhorar o ensino-aprendizagem por meio do uso da tecnologia computacional.

Juntamente com as oportunidades de uso dos computadores na área da educação, surgiram, de forma massiva, softwares educacionais no mercado. Eles diferem dos outros tipos de softwares pela ênfase clara na aprendizagem humana e na aquisição de conhecimento (De Diana; Van Schaik, 1993). O software educacional oferece a oportunidade de integrar a multimídia e a interação tanto para estudantes quanto para professores. Além disso, a prática educacional também deve enfatizar a criação de ambientes de aprendizagem nos quais os estudantes possam construir o próprio conhecimento e os professores possam guiá-los e encorajá-los durante o processo. Nesse sentido, analisar os recursos que são utilizados junto a essas novas tecnologias é de grande importância para que se possa capturar, tratar, organizar, sistematizar, conservar e transmitir a informação de acordo com os objetivos pedagógicos intrínsecos.

Contudo, de acordo com Garcia *et al.* (2009), grande parte desses softwares educacionais têm sido mal organizados e pouco documentados. De fato, raras são as ferramentas desenvolvidas que definem e implementam objetivos educacionais preservando padrões de qualidade técnica.

Silva e Vargas (1999) explicam isso abordando a dificuldade de mesclar diferentes áreas, tais como ergonomia, TICs, pedagogia e psicologia. Ainda assim, uma análise séria desse sistema é essencial para avaliar as qualidades e os defeitos dos softwares antes de utilizá-los tanto nas salas de aula quanto em casa.

Do ponto de vista histórico, a necessidade de mensurar a qualidade de softwares educacionais advém de dois antigos temas de pesquisa: por um lado, a prática comum de avaliação de materiais didáticos, a exemplo das análises dos livros didáticos; por outro lado, a recorrente avaliação de softwares e de interfaces homem-máquina (Crozat; Trigano; Hû, 1999). Para ambas as áreas, instituições formais e até mesmo governos já definiram critérios de efetividade e de avaliação. Contudo, quando se trata de softwares educacionais, essas definições são menos claras (Fino,

1999). Nesse sentido, vários autores começaram a discutir a necessidade de se definir uma metodologia para o desenvolvimento e avaliação de softwares educacionais usando algumas ferramentas de engenharia de software que também contemplam aspectos pedagógicos.

Muitas avaliações de softwares educacionais podem ser encontradas na literatura recente. Contudo, a coerência do conteúdo e a interface gráfica nem sempre são levados em conta nessas avaliações. Uma boa avaliação deveria considerar primeiro os aspectos cognitivos, bem como os aspectos de usabilidade, e só depois mencionar os aspectos restantes. Quando se fala de aspectos pedagógicos na avaliação de softwares, isso inclui avaliação por conveniência e avaliação de usabilidade em uma situação educacional baseada em aspectos específicos do processo de aprendizagem. Já quando se fala de aspectos técnicos, estes são baseados em uma avaliação da usabilidade, em outras palavras a qualidade da interação usuário-computador por meio da interface do software olhando para eficácia e eficiência dessa interação (Atayde; Teixeira; Pereira, 2003).

Esta pesquisa busca integrar as características de usabilidade com aquelas do aprendizado. Enquanto na ergonomia o foco é “aprender sobre o sistema para utilizá-lo”, na aprendizagem o foco é “aprender através do sistema”. Nossa proposta é um referencial pedagógico e de usabilidade para softwares de matemática que usam abordagem de aprendizagem por descoberta, para ser usado por designers instrucionais durante o processo de desenvolvimento do software. Essa ferramenta foi denominada PETESE, do acrônimo em inglês Pedagogical Ergonomic Tool for Educational Software Evaluation. Para alcançar esse objetivo, pesquisamos quais são os elementos que devem ser levados em consideração ao se avaliar aspectos ergonômicos de um software de matemática que utiliza a abordagem de aprendizagem por descoberta, por meio da análise da contribuição da literatura especializada no campo da usabilidade pedagógica.

2 METODOLOGIA

Nós trabalhamos com a anassíntese, uma metodologia baseada tanto em análise quanto em síntese para designar o processo geral de elaboração de um modelo, referencial ou sistema (Sauvé, 1992). Usada em várias áreas, essa metodologia é inspirada nos trabalhos de Silvern (1972) e Legendre (1983,1988), que definem a anassíntese de acordo com os quatro passos a seguir:

- 1) Identificação: consiste no ponto de partida da pesquisa no qual se constrói a problemática da pesquisa e a formulação do problema.
- 2) Análise: corresponde à análise dos dados teóricos, buscando construir um referencial por meio do qual será possível construir uma análise crítica dos problemas levantados no passo 1.

- 3) Síntese: consiste em fazer uma síntese das informações obtidas no passo anterior buscando identificar elementos relevantes e coerentes, bem como juntar diferentes elementos buscando produzir uma proposição teórica inicial como referência.
- 4) Validação: consiste em testar a parte teórica do trabalho produzida no passo 3 por meio de uma aplicação concreta em um caso específico. É importante mencionar que a validação não inclui um fim definitivo para o protótipo de referencial. Na verdade, o processo de retroação está presente em cada etapa da anassíntese, como uma perspectiva de melhoramento do referencial.

Com base, principalmente, em pesquisa teórica, essa metodologia apresenta, assim, uma diligência indutiva dominante que se manifesta através de uma construção progressiva e interativa de unidades que auxiliam na construção de um referencial final.

3 PESQUISA EMPÍRICA

3.1 Identificação

No que se refere à avaliação de softwares educacionais, notamos uma abundância de diferentes materiais de avaliação, como checklists, diretrizes (guidelines) e modelos para softwares educacionais mais abrangentes. Isso confirma as conclusões de Plaza *et al.* (2009), que estudou uma série de modelos de avaliação e defendeu a unificação dos critérios utilizados, baseando-se na padronização sistemática dos pontos a serem considerados.

Há, contudo, uma lacuna na produção de materiais de avaliação específicos para softwares de matemática, em particular para aqueles que utilizam a abordagem de aprendizagem por descoberta, materiais estes que podem ajudar os desenvolvedores antes do lançamento do software. Por essa razão, buscamos, na teoria, os elementos que nos dão embasamento para construir essa ferramenta, abrangendo os campos da educação, da matemática e da ergonomia.

3.2 Análise

Analizamos os critérios existentes na literatura para cada uma das três áreas. No tocante ao campo da educação, primeiramente buscamos os princípios do aprendizado construtivista e do ensino, com base em objetivos construtivistas de Vygotsky, por meio de vários autores (Jonassen, 1994) que dão princípios para os designers instrucionais que devem ter em mente a necessidade de integrar esse paradigma no seu ambiente de aprendizagem. Num segundo momento, nos concentramos nos

princípios do ensino-aprendizado construtivista, tomando como base autores como Bruner (1961), Malone (1982), Carroll (1982) e Shneiderman (1983). Por fim, diante do fato de que a aprendizagem por descoberta é criticada por vários autores por ocasionar uma sobrecarga cognitiva (Mayer; Moreno, 2003), foi importante analisar os princípios para reduzi-la, além de considerar aspectos da teoria de aprendizagem mediada por multimídia (Mayer; Clark, 2011).

No campo da matemática, analisamos recomendações para um efetivo ensino-aprendizagem de matemática (Anthony; Warslaw, 2009; Grouws; Cebulla, 2000; Stronge, 2007; NCTM, 2000) e características específicas de um software de matemática (Ruthven; Hennessy; Deaney, 2008; Vergnaud, 1997; Gladcheff; Zuffi; Silva, 2001; Curatelli; Martinengo, 2012).

Por fim, no campo da ergonomia, consideramos os princípios de qualidade de um software guiados pela norma ISO/IEC 9126 (2002), assim como os princípios ergonômicos de usabilidade e interface do software. Posteriormente, esse tema foi investigado através de duas análises. A primeira foi baseada em critério de importância dos autores no campo da ergonomia (Smith; Mosier, 1986; Mayhew, 1992; Bastien; Scapin, 1997; Hix; Hartson, 1993; Nielsen, 1993; Rubin, 1994; Preece *et al.*, 1994; Marcus, 1995; Shneiderman, 1983; Constantine; Lockwood, 1999; Welie, 2003; Tidwell, 2005). A segunda resultou numa análise baseada em 15 diretrizes e *checklists* de avaliação de softwares educacionais: MicroSIFT (1982), Reeves e Harmon (1993), Niquini (1996), Coburn (1998), Gamez (1998), Silva (1998), Squires e Preece (1999), Crozat *et al.* (1999), Gladcheff *et al.* (2001), Campos e Campos (2001), Oliveira (2001), Gomes *et al.* (2002), Plaza *et al.* (2009), Silva *et al.* (2011) e Cenci e Bonelli (2012).

3.3 Síntese

Para cada um dos campos, os diferentes resultados foram reunidos. Por meio da análise do campo educacional, destacaram-se elementos como a importância do encorajamento, do engajamento, da promoção da autonomia, da responsabilidade, da independência, do desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e da disponibilização de *feedbacks*.

Com relação à parte matemática, encontramos princípios a serem utilizados no desenvolvimento de softwares em referenciais que abordam as oportunidades de trabalho colaborativo, o apoio à resolução de problemas, as atividades com foco no significado, as oportunidades de prática e invenção, bem como aqueles que trazem ações que permitem o raciocínio matemático claro, objetivo, interativo e com *feedbacks*.

No tocante à ergonomia, os critérios que apareceram de forma recorrente na literatura foram, por exemplo, controle da aprendizagem, objetivos claramente definidos, compatibilidade do software, reconhecimento de erros, facilidade de uso, entre outros.

Por fim, após uma análise global dos diferentes campos e das suas formas de interação, criamos nosso próprio referencial para uma avaliação preditiva e eficaz de um software de matemática baseado na aprendizagem por descoberta. Decidimos por utilizar o sistema de classificação de Gamez (1998), que ordena os critérios de acordo com os seguintes aspectos:

- os aspectos técnicos da construção do sistema;
- as características pedagógicas;
- a interface do produto;
- o conteúdo do software;
- os aspectos de usabilidade.

Referencial para uma avaliação preditiva e eficaz de um software de matemática baseado na aprendizagem por descoberta	
1. Aspectos gerais	
O software é inovador e capaz de acrescentar valor	
O software é fácil de usar	
O software tem perspectiva interdisciplinar	
O software contém diferentes níveis de complexidade	
Há uma abordagem de aprendizado alinhada ao currículo escolar do público-alvo	
2. Aspectos Pedagógicos	
2.1 Objetivos Educacionais	
Há objetivos educacionais claramente definidos e divulgados	
A construção é feita num contexto individual, mas integra elementos de cooperação e colaboração	
Promove a criatividade	
A investigação é a abordagem mais favorecida e encoraja os estudantes a buscarem o conhecimento de forma independente	
O software encoraja a autoanálise, a autorregulação, a autorreflexão e a autoconsciência	
2.2 Atividades e tarefas	
As atividades trabalham os aspectos necessários para promover os objetivos matemáticos propostos	
As tarefas são relevantes, realizadoras, autênticas e representam complexidades cotidianas do público-alvo	
O nível de dificuldade é apropriado ao público e oferece suporte que facilita a performance no limite de suas habilidades	
Há variabilidade nas tarefas	
Os resultados das atividades estão disponíveis	

Atividades podem ser facilmente criadas e customizadas
As tarefas são de resolução de problemas e desenvolvem habilidades cognitivas superiores, que ampliam as competências e os conceitos
2.3 Papel do Professor
O software pode ser utilizado sem a intervenção de um instrutor
O professor tem o papel de guia, monitor, técnico, tutor ou facilitador
2.4 Avaliação
O software reconhece e apoia o importante papel do professor
Há um controle de presença
A avaliação é autêntica e está entrelaçada com o ensino
3. Aspectos de Usabilidade
3.1 Orientação e Instruções
O sistema guia e encoraja o usuário
Há recursos de ajuda
As instruções estão claras e disponíveis facilmente
3.2 Feedback e Motivação
O feedback é empregado de forma efetiva
O software contém motivação intrínseca
O software encoraja os usuários em suas ações positivas
O feedback é positivo mesmo se o usuário falha
O feedback permite ao aprendiz refletir com seus erros
O software oferece um feedback sobre o progresso do estudante
3.3 Interação (Sistema e Usuários)
Existe uma capacidade de interação com o sistema
O software possui uma seção onde interações como discussões e colaborações podem ocorrer
3.4 Prevenção de Erro
O software reconhece erros e retoma o processo
Previne o usuário de cometer erros
As mensagens de erros são claras
O usuário aprende com seus erros
3.5 Controle e Personalização
O estudante tem controle do sistema e de suas ações
Existe a possibilidade de personalização das configurações ou informações
4. Aspectos Técnicos
4.1 Compatibilidade

O software precisa ser compatível com os hardwares dos usuários
As condições de compatibilidade são explicadas de forma clara
4.2 Instalação
O software precisa ser de fácil instalação
A modalidade de uso está explicada
4.3 Gerenciamento de dados
O software é capaz de manipular os dados que requer mesmo em grande quantidade
Os dados gerados por meio do software podem ser analisados
Há uma transparência de informação para o usuário
O software salva os dados do usuário
4.4 Manutenção
O software passará por manutenções após o seu lançamento
Atualizações estão previstas para manter o software atualizado
5. Conteúdo
5.1 Linguagem
A linguagem é adequada para o público
Os termos matemáticos estão corretos e adaptados para o público
O conteúdo é claro, consistente, conciso e compreensível
5.2 Elementos Multimídia (imagens/fotos/desenhos/vídeos/sons...)
Estes elementos são apropriados, agregam valor e evitam redundância com outros conteúdos
Os elementos multimídia são utilizados para facilitar a compreensão
Se eles vêm de outra fonte, devem ser usados legalmente
São de boa qualidade (som audível, imagens visíveis, ...)
As explicações multimídia apresentam os elementos de forma próxima em vez de apresentá-los separadamente
5.3 Organização
O conteúdo é organizado de forma a evitar sobrecarga cognitiva
O conteúdo é acessível em termos de ações mínimas
O conteúdo é dividido em tópicos menores que podem ser facilmente acessados
O conteúdo pode ser acessado por múltiplos caminhos
O software possui links para informações externas adicionais
6. Interface
6.1 Navegação
A estrutura do software é clara e facilmente compreensível
A navegação é coerente

6.2 Layout
A tipografia é clara e adaptada ao suporte
Há um design agradável que é coerente nos diferentes níveis de arquitetura do software
As ações são explícitas
Os ícones são representativos
As cores são significativas e ajudam na compreensão do software

Quadro 1 – PETESE, uma ferramenta ergonômico-pedagógica para avaliação de software educacional

Fonte: Elaborado pelos(os) autores(as) (2025).

3.4 Validação

A fim de validar os diferentes critérios do PETESE, esse foi implementado em um caso concreto de desenvolvimento de um software educacional de matemática baseado na aprendizagem por descoberta. O software GGBook, desenvolvido pelo laboratório Ábaco da Universidade de Brasília (UnB), com base no ambiente GeoGebra e integrando funcionalidades entre os elementos gráficos e operacionais para construir um livro numérico, foi escolhido para essa finalidade. A ferramenta produzida neste trabalho foi disponibilizada à equipe de desenvolvimento do software para avaliar o protótipo antes de lançá-lo no mercado. Seis pessoas avaliaram o software com o PETESE, sendo cada uma delas de uma área específica: um professor de matemática, um especialista em usabilidade, um desenvolvedor, um designer, um especialista em conteúdo e o coordenador do projeto. Além do uso da ferramenta, foram feitos comentários e questões adicionais sobre os critérios, tais como: “Os critérios representam adequadamente os diferentes aspectos a serem considerados durante o desenvolvimento de um software matemático?”, “Existem aspectos importantes ausentes que deveriam ser adicionados?”, “Há elementos que não devem ser mencionados?”, “O que impulsionou o referencial?”.

4 DISCUSSÃO GERAL

Esta quarta etapa da anassíntese, ou seja, a aplicação de nossa ferramenta teórica desenvolvida em um caso real, trouxe diversos elementos à tona. De fato, as seis pessoas de nosso experimento consideraram o referencial muito mais abrangente do que o esperado. Ele abrange bem os diferentes aspectos de um sistema sob o ponto de vista educacional, incluindo os critérios de usabilidade. Segundo eles, o fato de esses critérios serem baseados em literatura científica reunida por meio de um método sistemático também foi apreciado e de grande interesse nesse novo campo da engenharia de software educacional.

Além disso, os designers instrucionais e desenvolvedores estão cientes do papel crucial dos testes no processo de criação. No entanto, a forma de realizá-los e os aspectos a serem considerados nem sempre são claros.

Nesse contexto, essa ferramenta destaca os diferentes elementos que um software matemático precisa integrar e permite que a equipe de desenvolvimento reflita sobre cada aspecto. “Se aquele aspecto está presente no software, é uma forma de ver se ele pode ser aprimorado; se não estiver presente, nos permite discutir e refletir sobre isso, verificando se precisa ser adicionado ou não, o que resulta em escolhas mais reflexivas do que em omissões”, explicou um dos participantes.

No entanto, nem todos os critérios são sempre aplicáveis a todos os softwares educacionais, o que torna a análise muitas vezes confusa. De acordo com outros, no entanto, mesmo que um critério não seja aplicável ao software a ser desenvolvido, é sempre interessante tê-lo mencionado, já que este fato pode trazer sempre novas reflexões e linhas de pensamento. O último elemento que surgiu da aplicação do PETESE na equipe de desenvolvimento do GGBook é que alguns critérios nem sempre são claramente explícitos em relação ao software ou ao usuário. Isso foi adaptado em nossa ferramenta (Quadro 1). Esse é um exemplo de retroalimentação, que aplicamos com o objetivo de melhorar nossa ferramenta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na metodologia de anassíntese, foi construído um referencial para software matemático de aprendizagem por descoberta, destinado aos designers instrucionais para uso durante o processo de design do software (PETESE), em quatro etapas. Por meio da identificação do problema, da análise dos critérios existentes na literatura nas áreas de matemática, de educação e de ergonomia, a síntese nos permitiu construir nosso referencial. A validação foi feita por meio da aplicação no software educacional de matemática, o GGBook. Isso mostrou as forças e fraquezas de nossa ferramenta de avaliação e ajudou a melhorá-la.

Podemos concluir que o PETESE é de grande ajuda para os designers instrucionais e desenvolvedores no processo de design de software matemático, pois leva em consideração todos os aspectos antes de lançar o software no mercado.

No entanto, este estudo foi limitado a uma avaliação prática. Sendo assim, seria relevante testá-lo mais amplamente com outros softwares educacionais de matemática ou de outras áreas para verificar os limites dos critérios.

Pesquisas futuras também utilizarão nosso referencial com os usuários do público-alvo do GGBook para desenvolver outras perspectivas que possam levar a resultados diferentes. Portanto,

o referencial também será testado na forma de perguntas, em vez de afirmações, para comparar a compreensão e interpretação dos critérios (Coomans, 2015).

6 REFERÊNCIAS

ANTHONY, G.; WARSLAW, M. *Effective pedagogy in mathematics*. Brussels: International Academy of Education, 2009. (Educational Practice Series, 19).

ATAYDE, A.; TEIXEIRA, A.; PEREIRA, C. Uma metodologia de avaliação de qualidade de software educacional infantil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 14., 2003, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: NCE/UFRJ, 2003. p. 356-365.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, London, v. 16, n. 4-5, p. 220-231, 1997.

BRUNER, J. S. The act of discovery. *Harvard Educational Review*, Cambridge, v. 31, p. 21-32, 1961.

CAMPOS, F.; CAMPOS, G. Qualidade de software educacional. In: ROCHA, A.; MALDONADO, J.; WEBER, K. (org.). *Qualidade de software: teoria e prática*. São Paulo: Prentice Hall, 2001. p. 124-130.

CARROLL, J. M. The adventure of getting to know a computer. *IEEE Computer*, Los Alamitos, v. 15, n. 11, p. 49-58, 1982.

CENCI, D.; BONELLI, S. Critérios para avaliação de softwares educacionais. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL (ANPED SUL), 9., 2012, Caxias do Sul. *Anais [...]*. Caxias do Sul: UCS, 2012.

COBURN, P. *Informática na educação*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.

CONSTANTINE, L. L.; LOCKWOOD, L. A. D. *Software for use: a practical guide to the models and methods of usage-centered design*. Boston: Addison-Wesley, 1999.

COOMANS, S.; LACERDA, G. S. PETESE, a pedagogical ergonomic tool for educational software evaluation. *Procedia Manufacturing*, Amsterdam, v. 3, p. 5881-5888, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.896>. Acesso em: 11 dez. 2025.

COOMANS, S. *Predictive evaluation of effective educational software design: development of pedagogical usability referential for mathematical software of discovering learning*. 2015. Thesis (Master in Media Engineering for Education) – University of Poitiers, Poitiers, 2015.

CROZAT, S.; TRIGANO, P.; HÛ, O. EMPI: une méthode informatisée pour l'évaluation des didacticiels multimédias. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 61-87, 1999.

CURATELLI, C.; MARTINENGO, C. Design criteria for educational tools to overcome mathematics learning difficulties. *Procedia Computer Science*, Amsterdam, v. 14, p. 92-101, 2012.

DE DIANA, I.; VAN SCHAIK, P. Courseware engineering outlined: an overview of some research segues. *ETTI*, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 191-211, 1993.

ENGLISH COMPUTORALS. *MicroSIFT courseware evaluation*. Portland: Northwest Regional Educational Lab, 1982. p. 1-87.

FINO, C. Avaliar software 'educativo'. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA EDUCAÇÃO, 3., 1999, Braga. Actas [...]. Braga: Universidade do Minho, 1999. p. 689-694.

GAMEZ, L. *Ticese: técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional*. 1998. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade do Minho, Braga, 1998.

GARCIA, I.; GARCIA, W.; PACHECO, C. A cooperative application to improve the educational software design using re-usable processes. In: *Lecture Notes in Computer Science* (LNCS 5738). Berlin: Springer-Verlag, 2009. p. 93-100.

GLADCHEFF, A.; ZUFFI, E.; SILVA, M. Um instrumento para avaliação da qualidade de softwares educacionais de matemática para o ensino fundamental. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 21., 2001, Fortaleza. *Anais* [...]. Fortaleza: SBC, 2001.

GOMES, A. et al. *Avaliação de software educativos para o ensino de matemática*. Florianópolis: [s. n.], 2002.

GROUWS, D.; CEBULLA, K. *Improving student achievement in mathematics*. Brussels: International Academy of Education, 2000. (Educational Practice Series, 4).

HIX, D.; HARTSON, H. R. *Developing user interfaces: ensuring usability through product and process*. New York: John Wiley & Sons, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/IEC 9126-1:2001: ergonomics of human-system interaction - usability methods supporting human-centred design*. Geneva: ISO, 2002. Disponível em: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=31176. Acesso em: 12 dez. 2025.

JONASSEN, D. H. Thinking technology: toward a constructivist design model. *Educational Technology*, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 34-37, 1994.

LEGENDRE, R. *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Paris: Larousse, 1988.

LEGENDRE, R. *L'éducation totale*. Montréal: Nathan; Ville-Marie, 1983.

LIBÂNEO, J. C. Diretrizes curriculares da Pedagogia: imprecisões teóricas e concepção estreita da formação profissional de educadores. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 27, n. 96, p. 843-876, 2006.

MALONE, T. W. Heuristics for designing enjoyable user interface: lessons from computer games. In: CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1982, Gaithersburg. *Proceedings* [...]. New York: ACM, 1982. p. 63-68.

MARCUS, A. Principles of effective visual communication for graphical user-interface design. In: BAECKER, R. et al. (ed.). *Readings in human-computer interaction*. Palo Alto: Morgan Kaufmann, 1995. p. 425-441.

MAYER, R. E.; CLARK, R. C. *E-learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. 3. ed. San Francisco: Pfeiffer, 2011.

MAYER, R. E.; MORENO, R. Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 43-52, 2003.

MAYHEW, D. J. *Principles and guidelines in software user interface design*. New Jersey: Prentice-Hall, 1992.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. *Principles and standards for school mathematics*. Reston: NCTM, 2000.

NIELSEN, J. *Usability engineering*. Boston: AP Professional, 1993.

NIQUINI, D. *Informática na educação: implicações didático-pedagógicas e construção do conhecimento*. Brasília, DF: Universal, 1996.

OLIVEIRA, N. *Uma proposta para avaliação de software educacional*. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PLAZA, I. et al. Proposal of a quality model for educational software. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONSUMER ELECTRONICS, 13., 2009, Kyoto. *Proceedings [...]*. Kyoto: IEEE, 2009. p. 915-919.

PREECE, J. et al. *Human-computer interaction*. Boston: Addison Wesley, 1994.

REEVES, T. C.; HARMON, S. W. *User interface rating tool for interactive multimedia*. Athens: University of Georgia, 1993.

RIFKIN, J. *The third industrial revolution*. London: MacMillan, 2011.

RUBIN, J. *Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests*. New York: John Wiley and Sons, 1994.

RUTHVEN, K.; HENNESSY, S.; DEANEY, R. Constructions of dynamic geometry: a study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers & Education*, Oxford, v. 51, n. 1, p. 297-315, 2008.

SAUVÉ, L. *Éléments d'une théorie du design pédagogique en éducation relative à l'environnement*. 1992. Thesis (PhD) – Université du Québec, Québec, 1992.

SHNEIDERMAN, B. Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer*, Los Alamitos, v. 16, n. 8, p. 57-69, 1983.

SILVA, A.; SILVA, W.; FRANÇA, R. Uma proposição de critérios para avaliação de softwares educativos de língua portuguesa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 22., 2011, Aracaju. *Anais [...]*. Aracaju: UFS, 2011. p. 1104-1107.

SILVA, C. *Bases pedagógicas e ergonômicas para a concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SILVA, C.; VARGAS, C. Avaliação da qualidade de software educacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 19., 1999, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999. p. 1-15.

SILVERN, L. C. *System engineering applied to training*. Houston: Gulf Publishing Company, 1972.

SMITH, S. L.; MOSIER, J. N. *Guidelines for designing user interface software*. Massachusetts: Mitre Corporation, 1986.

SQUIRES, D.; PREECE, J. Predicting quality in educational software: evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with Computers*, Oxford, v. 11, n. 5, p. 467-483, 1999.

STRONGE, J. *Qualities of effective teachers*. Alexandria: ASCD, 2007.

TIDWELL, J. *Designing interfaces*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005.

VERGNAUD, G. The nature of mathematical concepts. In: NUNES, T.; BRYANT, P. (ed.). *Learning and teaching mathematics: an international perspective*. Hove: Psychology Press, 1997. p. 5-28.

WELIE, M. *Amsterdam collection of patterns in user interface design*. 2003. Disponível em: <http://www.welie.com>. Acesso em: 17 de dezembro de 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Introdução ou Considerações iniciais:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Referencial teórico:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Metodologia:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Análise de dados:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Discussão dos resultados:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Conclusão ou Considerações finais:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Referências:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Revisão do manuscrito:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras; **Aprovação da versão final publicada:** Mayra Camelo Madeira de Moura; Daiane Soares Veras.

CRediT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 3 de novembro de 2023.

Aprovado: 3 de outubro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

MOURA, Mayra Camelo Madeira de; VERAS, Daiane Soares. Petese, uma ferramenta ergonômica pedagógica para avaliação de software educacional. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 173-188, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

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

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Bruno César Barreto de Figueiredo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)