



SIMULAQUIZ: JOGO DIGITAL PARA O ENSINO DE DIGITAL TWIN

SimulaQuiz: digital game for Digital Twin education

SimulaQuiz: juego digital para la enseñanza de Digital Twin

Marcus Vinícius Oliveira Ribeiro Brandão¹, João Pedro Silva Nascimento², Luciane Oliveira Lima³, João Vitor Siqueira Fonseca⁴, Andressa Clara Barbosa de Araujo⁵, Marcus Vinícius Lemos da Silva⁶, & Cristiane Agra Pimentel⁷

^{1 2 3 4 5 7} Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) ⁶ Centro de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CEPEDI)

¹ brandao.marcus@aluno.ufrb.edu.br ² joaopsilva@aluno.ufrb.edu.br ³ luciane@aluno.ufrb.edu.br ⁴ joaovsiqueira7@aluno.ufrb.edu.br ⁵ andressa.clara@cepedi.org.br ⁶ marcus@cepedi.org.br ⁷ cristianepimentel@ufrb.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 30.07.2025

Aprovado: 19.09.2025

Disponibilizado: 26.09.2025

PALAVRAS-CHAVE: Digital Twin; Gamificação; Educação em Engenharia; Indústria 4.0; Jogos Educacionais.

KEYWORDS: Digital Twin; Gamification; Engineering Education; Industry 4.0; Educational Games.

PALABRAS CLAVE: Digital Twin; Gamificación; Educación en Ingeniería; Industria 4.0; Juegos Educativos.

*Autor Correspondente: Brandão, M. V. O. R.

RESUMO

A rápida evolução da Indústria 4.0 criou uma demanda crescente por profissionais qualificados em tecnologias digitais, especialmente em *Digital Twin*, cujo seu conhecimento tornou-se essencial para organizações que buscam eficiência operacional e redução de custos. Diante da carência de recursos educacionais eficazes para o ensino dessa tecnologia complexa, este trabalho apresenta o desenvolvimento do SimulaQuiz, um jogo educacional gamificado voltado para o aprendizado de *Digital Twin* e seu ecossistema. A metodologia empregada caracterizou-se como exploratória qualitativa, estruturada em cinco etapas: concepção do formato, desenvolvimento técnico, testes sistemáticos com usuários, registro de software junto ao INPI e a construção de uma matriz SWOT. O produto desenvolvido consiste em um quiz interativo com 64 questões distribuídas em blocos temáticos sobre simulação, Digital Twin e Indústria 4.0, apresentando feedback visual instantâneo e sistema de pontuação por estrelas. A matriz SWOT evidenciou que a gamificação aumenta significativamente o engajamento estudantil e facilita a compreensão de conceitos complexos, embora demande infraestrutura tecnológica adequada e conhecimento técnico específico. O SimulaQuiz foi registrado oficialmente como programa de computador (BR512025000934-8), contribuindo para a formação de profissionais qualificados para os desafios da Indústria 4.0.

ABSTRACT

The rapid evolution of Industry 4.0 has created a growing demand for professionals qualified in digital technologies, especially Digital Twins, whose knowledge has become essential for organizations seeking operational efficiency and cost reduction. Given the lack of effective educational resources for teaching this complex technology, this paper

presents the development of SimulaQuiz, a gamified educational game aimed at learning about Digital Twins and their ecosystem. The methodology employed was qualitative and exploratory, structured in five stages: format design, technical development, systematic user testing, software registration with the INPI (Brazilian Institute of Industrial Property), and the construction of a SWOT matrix. The developed product consists of an interactive quiz with 64 questions divided into thematic blocks on simulation, Digital Twins, and Industry 4.0, featuring instant visual feedback and a star-rating system. The SWOT matrix demonstrated that gamification significantly increases student engagement and facilitates the understanding of complex concepts, although it requires adequate technological infrastructure and specific technical knowledge. SimulaQuiz was officially registered as a computer program (BR512025000934-8), contributing to the training of qualified professionals for the challenges of Industry 4.0.

RESUMEN

La rápida evolución de la Industria 4.0 ha generado una creciente demanda de profesionales cualificados en tecnologías digitales, especialmente en Gemelos Digitales, cuyo conocimiento se ha vuelto esencial para las organizaciones que buscan eficiencia operativa y reducción de costes. Dada la falta de recursos educativos eficaces para la enseñanza de esta compleja tecnología, este artículo presenta el desarrollo de SimulaQuiz, un juego educativo gamificado destinado a aprender sobre los Gemelos Digitales y su ecosistema. La metodología empleada fue cualitativa y exploratoria, estructurada en cinco etapas: diseño del formato, desarrollo técnico, pruebas sistemáticas de usuario, registro del software ante el INPI (Instituto Brasileño de la Propiedad Industrial) y construcción de una matriz FODA. El producto desarrollado consiste en un cuestionario interactivo con 64 preguntas divididas en bloques temáticos sobre simulación, Gemelos Digitales e Industria 4.0, con retroalimentación visual instantánea y sistema de calificación por estrellas. La matriz FODA demostró que la gamificación aumenta significativamente la participación de los estudiantes y facilita la comprensión de conceptos complejos, aunque requiere una infraestructura tecnológica adecuada y conocimientos técnicos específicos. SimulaQuiz fue registrado oficialmente como programa informático (BR512025000934-8), contribuyendo a la formación de profesionales calificados para los desafíos de la Industria 4.0.

INTRODUÇÃO

A rápida evolução da Indústria 4.0 transformou fundamentalmente o cenário da manufatura, criando uma demanda sem precedentes por profissionais qualificados em tecnologias digitais. De acordo com o relatório *The Future of Jobs Report 2025*, do *World Economic Forum*, até 2030, aproximadamente 22% dos trabalhadores precisarão de requalificação e aprimoramento significativo para atender às demandas da transformação digital. Dentre essas habilidades críticas, a tecnologia *Digital Twin* (em tradução literal, Gêmeo Digital) emergiu como uma competência fundamental, com previsões indicando que seu valor de mercado atingirá 48,2 bilhões de dólares até 2030 (Yee et al., 2024).

A convergência de sistemas ciberfísicos, *Internet of Things* (IoT) e inteligência artificial (IA) criou um ecossistema complexo, onde a expertise em *Digital Twin* (DT) não é mais opcional, mas essencial. Pesquisas indicam que organizações que implementam tecnologias DT relatam uma melhora na eficiência operacional e uma redução nos custos de manutenção (Sniderman et al., 2023). Isso destaca a crescente importância de desenvolver uma força de trabalho capaz de compreender e implementar essas soluções.

O DT representa uma abordagem revolucionária para a representação digital e simulação de ativos físicos, processos ou sistemas. O conceito, introduzido por Michael Grieves na Universidade de Michigan em 2002, evoluiu de simples réplicas virtuais para sistemas sofisticados capazes de monitoramento em tempo real, análise e otimização (Javaid et al., 2023).

O escopo de aplicação dos *Digital Twins* expandiu-se significativamente em diversas indústrias, desde manufatura e saúde até planejamento urbano e educação. Zhang et al. (2021) demonstram que os DTs se tornaram fundamentais na manutenção preditiva, otimização de processos e gestão de riscos. A integração de *Digitais Twins* com outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial, aprendizado de máquina e computação em borda, criou paradigmas nas operações industriais. Instituições que implementam soluções de DT integradas alcançaram redução no tempo de desenvolvimento de produtos e melhoria na qualidade dos produtos (Dihan, 2024).

Em paralelo aos avanços tecnológicos, a história dos jogos educacionais foi construída desde os primórdios da computação. A aprendizagem baseada em jogos evoluiu de simples aplicações baseadas em texto para ambientes sofisticados e imersivos. As décadas de 70 e 80 testemunharam o surgimento dos primeiros jogos educacionais, focados no desenvolvimento de habilidades básicas e na transferência de conhecimento. Já nos anos 90, os avanços na qualidade gráfica e na capacidade de processamento possibilitaram a criação de simulações mais complexas e ambientes de aprendizagem interativos, transformando fundamentalmente o cenário dos jogos educativos (Kishimoto, 2021).

O século XXI demonstrou um crescimento exponencial nos jogos educacionais, impulsionado pelos avanços na tecnologia e na compreensão dos processos cognitivos de aprendizado. Os jogos educacionais modernos podem melhorar os resultados de aprendizado em até 13% quando comparados aos métodos tradicionais de ensino, o aprendizado gamificado pode aumentar a motivação dos alunos em até 45,41% e melhorar a retenção do conhecimento em 36% (Lampropoulos & Sidiropoulos, 2024). Com isso, a gamificação surgiu como uma

abordagem pedagógica poderosa, que utiliza elementos de *design* de jogos em contextos não relacionados a jogos para aumentar o engajamento e a eficácia da aprendizagem.

A integração de princípios da gamificação na educação tem se mostrado particularmente eficaz no ensino de conceitos técnicos complexos. Estudos como o de Chan et al. (2021) demonstram que abordagens gamificadas podem reduzir a carga cognitiva, ao mesmo tempo em que aumentam a compreensão de conceitos abstratos, criando experiências de aprendizado imersivas e interativas. No contexto direcionado ao mercado de trabalho, os jogos didáticos têm a capacidade de desenvolver/aprimorar *soft skills* como comunicação assertiva, pensamento criativo e resolução de problemas (Díaz et al., 2024).

Apesar dos avanços tecnológicos e do crescente interesse em *Digital Twin*, existe uma problemática significativa: a carência de recursos educacionais eficazes que auxiliem no ensino e na compreensão dessa tecnologia complexa. A lacuna entre a demanda do mercado por profissionais qualificados em DT e os métodos tradicionais de ensino evidencia a necessidade urgente de produtos educacionais inovadores focados especificamente nesta área.

Assim, com o objetivo de enfrentar essa problemática e fomentar o aprendizado acerca de Digital Twin e de seu ecossistema, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um produto educacional gamificado. Trata-se de um jogo didático que serve como um recurso facilitador do processo de aprendizagem e contribui para a propagação do conhecimento nessa área estratégica, preparando profissionais para os desafios da Indústria 4.0.

METODOLOGIA

Os objetivos da pesquisa caracterizam uma investigação exploratória, com abordagem metodológica qualitativa, configurando-se como um estudo de caso baseado na criação e desenvolvimento de um jogo digital voltado para o aprendizado de *Digital Twin*. A escolha deste método mostrou-se adequada por permitir ao pesquisador explorar, compreender e aprofundar seu conhecimento, sem necessidade de abordagem estatística.

A adoção da gamificação como metodologia ativa para este trabalho é respaldada por pesquisas recentes que destacam sua eficácia em contextos educacionais. Segundo Coelho et al. (2025), o uso de jogos é uma ferramenta que gera motivação e engajamento para os jogadores. Os autores ressaltam ainda que sistemas com elementos de recompensas e pontuações enriquecem a experiência de aprendizagem.

Este trabalho estruturou-se em quatro etapas principais para o desenvolvimento do SimulaQuiz (nome atribuído ao jogo), integrado ao site do projeto Gêmeo Digital da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). A metodologia empregada abrangeu desde a concepção do formato do jogo até a proteção da propriedade intelectual. E uma etapa destinada para a estruturação da matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) sobre a aplicação da gamificação como ferramenta pedagógica no ensino da engenharia. A figura 1, apresentada a seguir, traz um fluxograma que sintetiza as etapas metodológicas, proporcionando uma visão clara e organizada do processo.

Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento do jogo



Fonte: Autores.

Concepção do Formato do Jogo

A fase inicial de concepção do produto envolveu estudos aprofundados para determinar o formato de jogo mais eficaz para o ensino de *Digital Twin*. Foram avaliadas diversas modalidades como quiz interativo, simulação baseada em cenários, jogos de estratégia e aplicações gamificadas de solução de problemas. Realizou-se um levantamento detalhado de produtos similares disponíveis em plataformas educacionais, repositórios de jogos acadêmicos e ambientes virtuais de aprendizagem. Com o intuito de identificar as lacunas para orientarem o desenvolvimento de um produto que combinasse rigor conceitual com experiência de usuário engajadora, preenchendo um nicho específico no mercado de jogos educacionais tecnológicos.

Paralelamente, o conteúdo do jogo foi construído através de uma revisão sistemática da literatura, abrangendo artigos científicos sobre DT em bases como IEEE Xplore, Scopus e Web of Science, livros e manuais técnicos de referência, documentos de padronização e melhores práticas da indústria, além de estudos de caso de implementações bem-sucedidas.

Desenvolvimento Técnico

Durante essa etapa o produto foi desenvolvido integrado ao ecossistema digital do Projeto Gêmeo Digital da UFRB, assegurando coerência visual, técnica e conceitual. Como mecânica e interface, optou-se por utilizar um *framework* (estrutura organizada para desenvolvimento de projetos) que facilitasse o desenvolvimento de bancos de dados no *back-end* (parte interna não visível da aplicação). No *front-end* (interface visual do site ou aplicativo) foi escolhida a tríade da programação *web*, devido à sua sinergia que permite criar experiências *web* imersivas e eficientes.

➤ Back-end:

- Ruby on Rails: Escolhido por sua comunidade ativa, facilidade no desenvolvimento de aplicações baseadas em banco de dados e ampla disponibilidade de bibliotecas.

➤ Front-end:

- HTML: Responsável pela estrutura e organização do conteúdo;
- CSS: Encarregado da estilização e aparência visual;
- JavaScript: Fornece a funcionalidade e interatividade necessárias para uma experiência dinâmica.

Testes e Correções

A fase de testes foi conduzida de maneira sistemática, iniciando com testes alpha realizados internamente pela equipe de desenvolvimento. Estes incluíram testes de funções críticas, verificação de compatibilidade e avaliação de desempenho. Após o fim da versão alpha, iniciou-se os testes beta com um grupo selecionado de participantes. O link para acesso ao site foi disponibilizado para um grupo de pessoas selecionadas. O processo de testes beta foi conduzido através de uso livre e *feedbacks*. Os *beta testers* receberam acesso através de um portal dedicado.

Registro de Software

O processo de registro de *software* iniciou-se com um estudo preliminar sobre os aspectos legais e procedimentais para proteção da propriedade intelectual, incluindo consulta à legislação brasileira sobre direitos autorais de *software*, análise de precedentes de registro de jogos educacionais e identificação dos requisitos específicos para o registro de programa de computador.

Estruturação da Matriz SWOT

Com base nas informações levantadas pela pesquisa bibliográfica e com o desenvolvimento do produto, foi elaborada uma matriz SWOT para organizar os fatores internos (Forças e Fraquezas) e externos (Oportunidades e Ameaças) relacionados ao uso da gamificação no contexto do ensino de engenharia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo e Conteúdo do Jogo

Na primeira etapa do desenvolvimento, foi estabelecido o formato de *quiz* para o jogo, uma escolha estratégica que permite avaliar o conhecimento dos participantes por meio de questões estruturadas, oferecendo *feedback* instantâneo e facilitando a construção progressiva do aprendizado.

Com base na revisão bibliográfica realizada, elaborou-se 64 questões distribuídas em dois formatos principais: múltipla escolha (com quatro alternativas cada) e verdadeiro/falso. Estas questões foram organizadas em blocos temáticos relacionados à simulação, *Digital Twin* e Indústria 4.0 (Tabela 1), contemplando diferentes níveis de complexidade. A diversificação nos tipos de questões visa manter o engajamento dos usuários, avaliar distintas dimensões do conhecimento sobre DT e estimular um aprofundamento mais significativo na área.

Tabela 1. Exemplo de perguntas e respostas contidas no banco de dados

Categorias	Perguntas	Respostas
Indústria 4.0	Verdadeiro ou Falso? A cibersegurança não protege os dados sensíveis transmitidos entre o sistema físico e o digital, garantindo a integridade e confidencialidade das informações	Falso
	Qual a relação entre o Gêmeo Digital e a Indústria 4.0?	Permite a análise de grandes volumes de dados para otimizar processos
	Verdadeiro ou Falso? A cibersegurança não protege os dados sensíveis transmitidos entre o sistema físico e o digital, garantindo a integridade e confidencialidade das informações	Falso
Simulação	Qual é a definição de um modelo?	Representação dos componentes mais importantes do sistema e a forma como eles interagem
	Verdadeiro ou Falso? Na simulação contínua, as variáveis são alteradas de forma constante ao longo do tempo, sem intervalos específicos	Verdadeiro
	Não é software de simulação:	Tableau
Digital Twin	O que é um Gêmeo Digital?	Representação virtual de um sistema físico que simula seu comportamento em tempo real
	Quais das seguintes tecnologias NÃO estão diretamente relacionadas ao Gêmeo Digital?	Computação quântica
	Em que setor o conceito de Gêmeo Digital foi inicialmente desenvolvido?	Indústria aeroespacial

Fonte: Autores.

Interface e Sistema

O SimulaQuiz foi desenvolvido para funcionar de forma dinâmica, apresentando ao usuário um conjunto de 15 questões extraídas aleatoriamente do banco de questões, é importante deixar claro que a seleção não faz distinção de nível das questões. Essa aleatoriedade assegura que cada sessão seja única, mantendo o engajamento do usuário e incentivando múltiplas interações, o que potencializa o aprendizado através do princípio da repetição espaçada.

A interface do jogo foi integrada harmoniosamente ao site do projeto, permitindo navegação intuitiva entre páginas com apenas um clique, preservando a consistência visual e garantindo uma experiência fluida. O *design*, (Figuras 2 e 3), foi otimizado para assegurar acessibilidade adequada em diversos dispositivos, desde *desktops* até *smartphones*.

Figura 2. Screenshot da página inicial do site



Fonte: Autores.

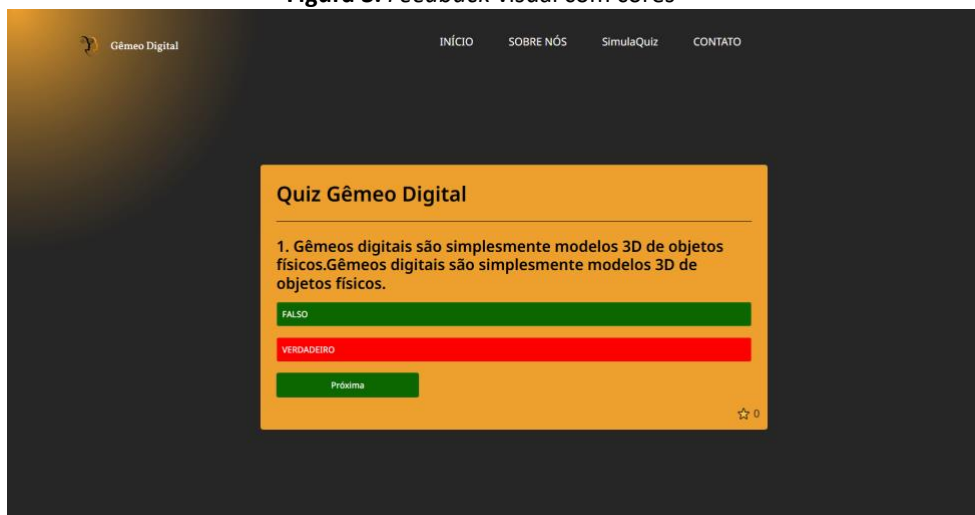
Figura 3. Screenshot da interface do SimulaQuiz



Fonte: Autores.

Para enriquecer a experiência educacional, o *feedback* visual instantâneo funciona da seguinte forma: quando o usuário seleciona uma alternativa incorreta, esta é destacada em vermelho, enquanto a resposta correta é simultaneamente evidenciada em verde (Figura 4). Complementarmente, foi incorporado um contador de estrelas que registra visualmente o progresso do usuário, facilitando o monitoramento de seu desempenho durante a partida.

Figura 3. Feedback visual com cores



Fonte: Autores.

Testes e Correções

Conduziu-se testes de estresse e funcionalidade com os membros do projeto Gêmeo Digital e alguns colaboradores do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CEPEDI). Os erros identificados foram corrigidos, e o *feedback* obtido dos *beta testers* foi positivo quanto à usabilidade e eficácia da gamificação como ferramenta acessória para construção do conhecimento.

Registro de Programa de Computador

O processo de registro do quiz junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) foi realizado em etapas bem definidas, após a conclusão do desenvolvimento do jogo. Inicialmente, toda a documentação necessária foi preparada seguindo as diretrizes disponibilizadas pela Coordenação de Criação e Inovação (Cinova) da UFRB.

A documentação completa foi então submetida à Cinova, atuando como intermediária no processo, encaminhando pedido oficial ao INPI. O código-fonte do site e o SimulaQuiz foram devidamente documentados e enviados (12 de março de 2025) como parte do processo de registro de *software*, com o certificado de registro sendo emitido em 18 de março do mesmo ano. Desta forma, o SimulaQuiz encontra-se oficialmente registrado como programa de computador na base de dados do INPI (registro BR512025000934-8).

Matriz SWOT

A análise de dados resultou na elaboração da Matriz SWOT (Tabela 2) que sintetiza os principais pontos relacionados ao emprego da gamificação no ensino de engenharia.

Tabela 2. Matriz SWOT da Gamificação no Ensino de Engenharia

	Forças	Fraquezas
	<p>Aumento do engajamento e motivação; Facilitação da aprendizagem de conceitos complexos; Feedback imediato e aprendizado ativo</p>	<p>Necessidade de infraestrutura tecnológica (<i>hardware</i> e <i>software</i>); Desenvolvimento e manutenção podem demandar tempo e conhecimento técnico específico; Risco de o foco se desviar do conteúdo para a mecânica do jogo</p>
	Oportunidades	Ameaças
	<p>Alinhamento com metodologias ativas de ensino; Alta demanda do mercado por profissionais com competências digitais; Desenvolvimento de <i>soft skills</i> como resolução de problemas e pensamento criativo</p>	<p>Necessidade de mudança na cultura educacional de educadores e estudantes; Rápida obsolescência das tecnologias utilizadas; Resistência à adoção de novas metodologias por parte de instituições de ensino</p>

Fonte: Autores.

Análise dos Fatores Internos

- Forças: A principal força da gamificação, evidenciada pelo desenvolvimento do SimulaQuiz, é sua capacidade de aumentar significativamente o engajamento e a motivação dos estudantes. Ao aplicar elementos de jogos, como pontuações e *feedback* visual imediato, o processo de aprendizagem se torna mais envolvente. Isso se mostra particularmente eficaz no ensino de conceitos técnicos complexos e abstratos, como os relacionados ao *Digital Twin* e à Indústria 4.0, facilitando a compreensão e a retenção do conhecimento. A abordagem promove um aprendizado ativo, em que o aluno está no centro do processo.
- Fraquezas: A implementação de soluções gamificadas exige uma infraestrutura tecnológica adequada, incluindo *hardware* e *software* específicos. No caso do SimulaQuiz, foi necessário o uso do *framework* Ruby on Rails para o *back-end* e linguagens como HTML, CSS e JavaScript para o *front-end*. O desenvolvimento técnico, os testes e as correções demandam tempo e conhecimentos específicos que podem não estar prontamente disponíveis. Além disso, existe o risco de que a mecânica do jogo (pontos, estrelas, etc.) possa, em alguns casos, desviar a atenção do objetivo principal, que é o aprendizado do conteúdo.

Análise dos Fatores Externos

- Oportunidades: A gamificação está fortemente alinhada às metodologias ativas de ensino, que são cada vez mais valorizadas por colocarem o estudante como protagonista de seu aprendizado. Há uma crescente demanda no mercado de trabalho por profissionais com competências digitais e familiaridade com as tecnologias da Indústria 4.0. Ferramentas como o SimulaQuiz preparam os futuros engenheiros para essa realidade, contribuindo para a formação de uma força de trabalho qualificada. Adicionalmente, os jogos educacionais têm a capacidade de desenvolver *soft skills* cruciais, como pensamento criativo e resolução de problemas, habilidades altamente requisitadas na engenharia.
- Ameaças: Uma das principais ameaças é a resistência à mudança na cultura educacional. Tanto educadores quanto instituições podem resistir à adoção de novas abordagens pedagógicas, preferindo os métodos tradicionais de ensino. Outro desafio é a rápida evolução tecnológica, que pode tornar as ferramentas desenvolvidas obsoletas em um curto período, exigindo atualizações constantes. A falta de investimento e apoio institucional para o desenvolvimento e a implementação dessas tecnologias também pode representar um obstáculo significativo para sua disseminação no ambiente acadêmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do SimulaQuiz como ferramenta educacional para o ensino de Digital Twin representa uma contribuição significativa para a disseminação de conhecimentos essenciais. O jogo, estruturado no formato de quiz com questões de múltipla escolha e verdadeiro/falso distribuídas em diferentes níveis de dificuldade, proporciona uma experiência de aprendizagem gamificada que estimula o engajamento e a retenção do conhecimento.

Os resultados iniciais obtidos evidenciam a eficácia da gamificação como metodologia ativa de ensino, reforçando as pesquisas recentes que apontam para um aumento significativo na motivação e no engajamento dos estudantes quando elementos de jogos são aplicados em contextos educacionais. A aleatoriedade na seleção das questões e a diversificação dos formatos promovem uma experiência personalizada que se alinha aos princípios da aprendizagem adaptativa, enquanto o registro do software junto ao INPI assegura a proteção da propriedade intelectual, potencializando futuras aplicações e desenvolvimentos.

A análise SWOT realizada revelou que, embora existam desafios relacionados à infraestrutura tecnológica e à resistência cultural à adoção de novas metodologias, as oportunidades superam significativamente as ameaças. O alinhamento da gamificação com as metodologias ativas de ensino e a crescente demanda do mercado por competências digitais reforçam a relevância e o potencial de impacto do produto desenvolvido.

Em um cenário onde relatórios como o *Technology Megatrends 2024* do IEEE Future e o *The Future Jobs 2025* do World Economic Forum projetam um aumento expressivo na demanda por competências relacionadas a tecnologias como DT, o SimulaQuiz se torna uma ferramenta pedagógica inovadora e relevante. Ao facilitar a compreensão de conceitos complexos relacionados a *Digital Twin*, o jogo pode contribuir para a formação de profissionais capacitados a enfrentar os desafios da transformação digital, preenchendo uma importante lacuna educacional.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõem-se as seguintes implementações: desenvolvimento de um sistema de *ranking* dos maiores pontuadores, estimulando a competitividade saudável entre os usuários; inclusão de indicativos de artigos científicos e materiais complementares relacionados a cada pergunta respondida, fomentando o aprofundamento no assunto; e expansão do banco de dados de questões, diversificando os níveis de dificuldade. Além disso, visando avaliar a efetividade do produto é interessante ampliar o acesso à ferramenta e realizar acompanhamentos periódicos da evolução de aprendizados dos usuários.

REFERÊNCIAS

- Ayeni, O. O., et al. (2024). AI in education: A review of personalized learning and educational technology. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 261-271. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0062>
- Barreto, M. A., et al. (2021). Gamification in the teaching of natural sciences: Articulating the active methodology in didactic sequences in elementary school through PIBID. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 7(4). <https://doi.org/10.18540/jcecvl7iss4pp13246-01-06e>
- Cavalcante, A. N., et al. (2018). Análise da produção bibliográfica sobre Problem-Based Learning (PBL) em quatro periódicos selecionados. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 42(1). <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n4RB20160066>
- Chan, K., Wan, K., & King, V. (2021). Performance over enjoyment? Effect of game-based learning on learning outcome and flow experience. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.660376>
- Coelho, N. L. N., et al. (2025). Gamificação na educação contemporânea: Estratégia de engajamento e personalização do ensino. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 3(1), 1-14. <https://doi.org/10.61164/rnm.v3i1.3571>
- Díaz, I., et al. (2024). Application of serious games in chemical engineering courses. *Education for Chemical Engineers*, 46, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.10.002>
- Dihan, S., et al. (2024). Digital twin: Data exploration, architecture, implementation and future. *Heliyon*, 10(5), e26503. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26503>
- IEEE. (2024). 2024 Technology megatrends report. *IEEE Future Directions*. Recuperado de <https://cmte.ieee.org/futuredirections/tech-megatrends/>
- Jape, D., Zhou, J., & Bullock, S. (2022). A spaced-repetition approach to enhance medical student learning and engagement in medical pharmacology. *BMC Medical Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03324-8>
- Javaid, M., Haleem, A., & Suman, R. (2023). Digital twin applications toward Industry 4.0: A review. *Cognitive Robotics*, 3, 71-92. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.003>
- Kishimoto, T. M. (1994). O jogo e a educação infantil. *Perspectiva*, 12(22), 105-128. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/10745>
- Lampropoulos, G., & Sidiropoulos, A. (2024). Impact of gamification on students' learning outcomes and academic performance: A longitudinal study comparing online, traditional, and gamified learning. *Education Sciences*, 14(4), 367. <https://doi.org/10.3390/educsci14040367>
- Lima, C. D. C., et al. (2024). Implementação da gamificação em treinamentos na indústria farmacêutica. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 7(14), 1-15. <https://doi.org/10.55892/jrg.v7i14.1281>

- Priyaadharshini, M., & Maiti, M. (2023). Learning analytics: Gamification in flipped classroom for higher education. *Journal of Engineering Education Transformations*, 37(1), 106-119. <https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v37i1/23137>
- Sachete, A. S., et al. (2024). Indicadores da aprendizagem adaptativa em ambientes virtuais de aprendizagem: Revisão sistemática da literatura. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 23(2), 69-87. <http://hdl.handle.net/10183/283783>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77-112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Sauer, J., Sonderegger, A., & Schmutz, S. (2020). Usability, user experience and accessibility: Towards an integrative model. *Ergonomics*, 63(10), 1207-1220. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1774080>
- Silva, A. A., et al. (2011). A utilização da matriz SWOT como ferramenta estratégica: Um estudo de caso em uma escola de idioma de São Paulo. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 8, 1-11. Recuperado de <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/26714255.pdf>
- Sniderman, B., Mahto, M., & Cotteleer, M. J. (2016). Industry 4.0 and manufacturing ecosystems. *Deloitte*. Recuperado de <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing-industrial-products/industry-4-0/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises.html>
- Urgo, M., et al. (2022). Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 36, 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.11.006>
- Yee, L., Chui, M., & Roberts, R. (2024). Technology trends outlook. *McKinsey Digital*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20top%20trends%20in%20tech%202024/mckinsey-technology-trends-outlook-2024.pdf>
- World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. Recuperado de <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>
- Zhang, L., Zhou, L., & Horn, B. K. P. (2021). Building a right digital twin with model engineering. *Journal of Manufacturing Systems*, 59, 151-164. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.02.009>
-