

Indústria de jogos digitais: Uso do Unreal Engine para simulações industriais

Digital Games Industry: Using Unreal Engine for Industrial Simulations

Andressa Clara Barbosa de Araujo¹, Daniel Marques Santana Oliveira², Emilli Cássia Souza Lopes², João Vítor Siqueira Fonseca², Cristiane Agra Pimentel²

¹Escola Politécnica– Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Salvador – BA – Brazil

²Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Feira de Santana – BA - Brazil

andressaaraaujo@ufba.br, danielmarques@aluno.ufrb.edu.br,
emilli.cassia@aluno.ufrb.edu.br, joaoovsiqueira7@aluno.ufrb.edu.br,
cristianepimentel@ufrb.edu.br

Abstract. *Introduction:* Industry 4.0's advanced production strategies drive new business models and global challenges. Unreal Engine, originally for entertainment, has innovative applications in industry, enabling immersive virtual environments for simulation and training. **Objective:** To analyze the current Unreal Engine market scenario in the context of Industry 4.0, including its applications and possible challenges for its adoption and expansion.

Methodology or Steps: The research adopted a qualitative and exploratory approach, based on a bibliographic review of scientific articles and academic publications on the application of Unreal Engine in industrial simulations. The analysis of the collected data was structured using the SWOT matrix, with the support of artificial intelligence "Claude" to identify and organize the internal (strengths and weaknesses) and external (opportunities and threats) factors related to the use of Unreal Engine in Industry 4.0. **Results:** The SWOT analysis revealed the strengths of Unreal Engine as its versatility, the use of virtual reality and its superior graphic power. Weaknesses identified include a steep learning curve, complexity in model generation, and high hardware requirements. Opportunities include specialized solutions, immersive experiences, and free licensing for smaller and student projects. Threats include the existence of alternative engines and concerns about data security. The discussion details the context of Unreal Engine's use, its applications in various industrial sectors, and an in-depth analysis of each factor in the SWOT matrix, illustrating the potential and challenges of its implementation in Industry 4.0.

Keywords: Unreal Engine, Industry 4.0, Immersive games, Virtual reality, SWOT analysis.

Resumo. *Introdução:* As estratégias avançadas de produção da Indústria 4.0 impulsionam novos modelos de negócios e desafios globais. O Unreal Engine, originalmente para entretenimento, tem aplicações inovadoras na indústria,

permitindo ambientes virtuais imersivos para simulação e treinamento.

Objetivo: Analisar o cenário atual do mercado do Unreal Engine no contexto da Indústria 4.0, incluindo suas aplicações e os possíveis desafios para sua adoção e expansão. **Metodologia ou Etapas:** A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, baseada em revisão bibliográfica de artigos científicos e publicações acadêmicas sobre a aplicação do Unreal Engine em simulações industriais. A análise dos dados coletados foi estruturada utilizando a matriz SWOT, com o apoio da inteligência artificial "Claude" para identificar e organizar os fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças) relacionados ao uso do Unreal Engine na Indústria 4.0. **Resultados:** A análise SWOT revelou como forças do Unreal Engine sua versatilidade, o uso da realidade virtual e sua potência gráfica superior. As fraquezas identificadas incluem a alta curva de aprendizado, a complexidade na geração de modelos e os altos requisitos de hardware. As oportunidades destacam soluções especializadas, experiências imersivas e a licença gratuita para projetos menores e estudantis. As ameaças incluem a existência de engines alternativas e preocupações com a segurança de dados. A discussão detalha a contextualização do uso do Unreal Engine, suas aplicações em diversos setores industriais e a análise aprofundada de cada fator da matriz SWOT, ilustrando o potencial e os desafios de sua implementação na Indústria 4.0.

Palavras-chave: Unreal Engine, Indústria 4.0, Jogos imersivos, Realidade virtual, Análise SWOT.

1. Introdução

Estratégias avançadas de produção como a indústria 4.0 promovem novos modelos de negócios e desafios globais com o rápido avanço das tecnologias digitais, as quais possuem como objetivo promover maior produtividade na área industrial. Estima-se que a incorporação dessas ferramentas digitais possui um potencial de gerar valor de até US\$ 11,1 trilhões por ano até 2025 e, neste sentido, a integração entre os ambientes físico e digital é um pré-requisito essencial para que a produção inteligente funcione de maneira eficaz [Araujo *et al.*, 2024]. Entre essas tecnologias, destacam-se os motores de jogo, como o *Unreal Engine*, que, embora originalmente desenvolvidos para a indústria de entretenimento, têm encontrado aplicações inovadoras em diversos setores industriais. Essas ferramentas possibilitam a criação de ambientes virtuais imersivos e interativos, promovendo uma nova dimensão na simulação e no treinamento de processos industriais [Li *et al.*, 2024].

O uso de motores gráficos na indústria 4.0 permite a criação de ambientes virtuais imersivos que podem ser utilizados para treinamentos de funcionários, simulação de processos e otimização de *layouts*, incluindo a capacidade de visualizar e interagir com dados em tempo real. Estudos apontam o uso do *Unreal Engine* como facilitador do desenvolvimento de gêmeos digitais, fornecendo a capacidade de simular operações complexas em um ambiente virtual permitindo que as empresas testem e optimizem seus processos antes da implementação no mundo real [An, 2022].

A incorporação desta tecnologia também facilita a integração de sistemas ciberfísicos, promovendo uma comunicação eficaz entre máquinas, objetos e pessoas, fundamental para a criação de fábricas inteligentes. A integração com sensores IoT

(Internet das coisas) e inteligência artificial também favorece a automação e o controle de processos. Com suporte a Interface de Programação de Aplicações (*Application Programming Interface - APIs*) robustas, o motor gráfico se conecta a sistemas de automação industrial, viabilizando uma abordagem mais eficiente e conectada [Rossi, 2021].

Dessa forma, o *Unreal Engine* se estabelece como uma ferramenta adequada aos princípios da indústria 4.0, contribuindo para a digitalização e modernização dos processos industriais. A sua adoção possibilita a utilização de simulação avançada e integração entre sistemas, bem como inovação do modelo de negócio, garantindo um posicionamento estratégico e vantagem competitiva. Com investimentos contínuos em pesquisa e inovação, sua aplicação na indústria tende a crescer, impulsionando a eficiência e a competitividade das empresas no mercado global [Unreal Engine, 2025].

Embora existam exemplos conceituais e demonstrações do uso do *Unreal Engine* em cenários industriais, faltam estudos de caso publicados que detalham a implementação real, os desafios encontrados, os custos, os benefícios quantificáveis e o retorno sobre o investimento (ROI) em diferentes setores da Indústria 4.0. Além disso, não existem metodologias bem definidas e amplamente aceitas para a implementação de soluções, necessitando de pesquisas que avalie a robustez, a confiabilidade e a usabilidade em ambientes industriais complexos e dinâmicos, com dados em tempo real e integração com sistemas.

Portanto, motivado pelas possibilidades de uso e benefícios esperados da utilização de ferramentas de realidade virtual, este estudo busca analisar o cenário atual do mercado do *Unreal Engine* no contexto da indústria 4.0, incluindo aplicações e possíveis desafios.

2. Metodologia

A metodologia adotada neste estudo é de natureza qualitativa, conforme destacam Garcia e Ferreira [2022], permitindo ao pesquisador uma interpretação aprofundada dos conteúdos analisados. Para embasar a investigação, optou-se por uma abordagem bibliográfica, fundamentada no levantamento de artigos científicos e publicações acadêmicas que tratam da aplicação do *Unreal Engine* em simulações industriais, de origem nacional e internacional. Essa estratégia proporcionou uma visão abrangente dos fatores que influenciam o uso dessa tecnologia no contexto da Indústria 4.0, tanto no âmbito interno quanto externo.

Com o suporte da inteligência artificial (IA) “*Claude*”, foi realizada a identificação e organização dos principais aspectos positivos e negativos relacionados ao uso do *Unreal Engine* quando comparada com ferramentas da simulação computacional convencionais. Uma vez definidos os elementos que compõem a matriz SWOT, o material bibliográfico foi utilizado para fundamentar e/ou corroborar com os pontos levantados pela IA.

A matriz SWOT, enquanto instrumento de gestão estratégica, foi utilizada para classificar os fatores internos, entre forças e fraquezas, e os fatores externos, em oportunidades e ameaças. Essa análise possibilita não apenas o mapeamento dos ambientes interno e externo, mas também a formulação de estratégias que maximizem os

pontos fortes, a mitigação de fragilidades, o aproveitamento de oportunidades e o enfrentamento de desafios [Silva et al., 2011].

3. Resultados e discussões

3.1 Contextualização do uso do *Unreal Engine*

O *Unreal Engine*, desenvolvido pela empresa norte-americana de jogos eletrônicos e softwares *Epic Games*, é um dos motores gráficos mais avançados atualmente, servindo, inclusive, como plataforma de renderização 3D em tempo real. Inicialmente voltada para o desenvolvimento de jogos digitais, sua aplicação expandiu-se para diversas áreas, como cinema, televisão, arquitetura, engenharia e indústria automotiva, consolidando-se como uma ferramenta versátil e de alto desempenho. Entre suas principais características, destaca-se o sistema *Blueprint*, que permite a criação de projetos interativos sem a necessidade de programação em código, facilitando o acesso de profissionais de diferentes áreas à produção de ambientes virtuais. Além de jogos renomados como *Fortnite* e *Batman: Arkham City*, o *Unreal Engine* foi utilizado em produções cinematográficas como *The Mandalorian*, evidenciando seu papel na revolução da produção virtual por meio da simulação de cenários hiper-realistas em tempo real [EBAC, 2023].

Com a constante evolução da indústria de jogos eletrônicos e consequentemente dos motores de jogo, atualmente, é possível desenvolver projetos que utilizam a realidade virtual a partir de motores de jogo populares como o *Unreal Engine*, frequentemente lembrada em virtude da qualidade da renderização gráfica. A interface de programação permite que quase todos os aspectos do ambiente sejam programados e controlados, sendo este recurso especialmente útil na perspectiva de equipes de pesquisa de engenharia [Singh, 2025]. Neste sentido, elencar pontos que caracterizam os motores de jogo, por meio de ferramentas como a matriz SWOT auxiliam a identificar potenciais usabilidades destes em áreas relacionadas a simulação de eventos discretos e indústria 4.0. Portanto, este estudo utiliza a matriz SWOT para levantar pontos positivos e negativos do *Unreal Engine*, como ilustrado na tabela 1.

Tabela 1. Matriz SWOT dos fatores internos e externos associados ao uso do software Unreal para simulação

ANÁLISE INTERNA	Forças	Fraquezas
	Oportunidades	Ameaças
	Versatilidade na aplicabilidade.	Alta curva de aprendizado necessária.
	Uso da realidade virtual.	Complexidade na geração de modelos.
	Potência gráfica superior.	Altos requisitos de <i>hardware</i> .

ANÁLISE EXTERNA	Soluções especializadas	<i>Engines</i> alternativas.
	Experiências imersivas.	Segurança de dados.
	Licença gratuita para projetos menores e uso estudantil.	Limitações

3.2. Análise dos Fatores internos:

3.2.1. Forças:

Considerando que 61% das empresas estão adaptando seus modelos de negócios com o intuito de melhorar sua competitividade. Além disso, 58% das empresas reconhecem a relevância da digitalização voltada para estratégias de redução de custos e aumento da produtividade. A transformação digital no Brasil está fundamentada em incentivos direcionados à economia digital, ao uso de dispositivos conectados e à criação de novos modelos de negócios, com o suporte do governo [De Araújo Et al., 2024]. Dessa forma, o uso do *Unreal Engine* facilita a criação de ambientes virtuais e simulações que podem ser utilizados em diversos setores, como arquitetura, engenharia, *e-commerce*, educação e entretenimento. Isso pode abrir novas fontes de receita e possibilitar a oferta de produtos e serviços inovadores no mercado digital, apoiando a transição para uma economia cada vez mais digitalizada [*Unreal Engine*, 2025].

Neste sentido, a versatilidade no uso do *Unreal*, no contexto da simulação industrial, oferece infinitas possibilidades de aplicação. Sua capacidade de gerar rapidamente imagens estáticas realistas em grande quantidade é particularmente vantajosa para projetos com prazos reduzidos e alta demanda por material gráfico. Além disso, o *software* permite a criação de experiências imersivas e interativas, como tours 3D e apresentações em realidade virtual, facilitando a exploração detalhada de ambientes virtuais. Essa funcionalidade não apenas aprimora a compreensão dos projetos, mas também fortalece a conexão emocional dos usuários com o conteúdo apresentado, resultando em processos de tomada de decisão mais eficazes e na potencialização de resultados comerciais [Archicgi, 2024].

Segundo Da Silva [2024], o desenvolvimento de treinamentos de segurança industrial em realidade virtual, aliado a gamificação e a imersão oferecida pelo *software*, gera *feedbacks* positivos dos colaboradores, aumentando a motivação e melhorando a retenção do conteúdo demonstrado. Além do uso em treinamentos, o *software* é utilizado para análise de indicadores, como é o caso da Volvo, que utiliza o *unreal* na construção de plataformas interativas, onde os engenheiros da empresa desenvolvem *softwares* para aprimorar a interação do motorista com os *displays* HDMI presentes no carro [Schmidt, 2022].

Apesar de ser tratado, majoritariamente para desenvolvimento de jogos, diversos trabalhos acadêmicos retratam o uso do *Unreal Engine* para pesquisas e simulações. No estudo desenvolvido por Singh [2025], o *Unreal Engine* é utilizado neste estudo como uma plataforma fundamental para a criação de nuvens volumétricas realistas em tempo real, abordando os desafios da modelagem e iluminação atmosférica. A pesquisa propõe

a eliminação de texturas de clima bidimensionais tradicionais em favor de métodos procedurais com texturas volumétricas, permitindo maior liberdade artística e realismo. Neste caso, o *software* foi escolhido por sua capacidade de implementar técnicas de iluminação baseadas em física, o que é crucial para replicar a dinâmica das nuvens sob diferentes condições de iluminação. Além disso, a utilização do *Unreal Engine* proporciona resultados visuais de alta qualidade e desempenho otimizado em diversas configurações de *hardware*, evidenciando seu papel essencial no aprimoramento da representação visual em ambientes digitais interativos.

Motores gráficos modernos, como o *Unreal Engine*, utilizam técnicas de renderização altamente avançadas, como *ray tracing*, sombras dinâmicas, e iluminação global, isso permite gráficos realistas e efeitos visuais imersivos, como reflexos precisos e iluminação mais natural. Entretanto, essas técnicas geralmente exigem muito poder de processamento, mas as *engines* são otimizadas para tirar o máximo proveito do *hardware* disponível [Valeri, 2023]. A partir disso, Orvalho [2023] afirma que, as capacidades em tempo real do motor permitem a visualização instantânea de mudanças, o que é particularmente útil em configurações dinâmicas, como ambientes interativos e visualizações arquitetônicas. O *Lumen* (tecnologia utilizada pelo motor gráfico), por exemplo, simula a iluminação global de forma eficaz sem pré-cálculos, proporcionando resultados visuais de alta qualidade de forma imediata.

3.2.2. Fraquezas:

Em face da qualidade gráfica oferecida pelo *Unreal Engine*, os requisitos de *hardware*, ou seja, para pessoas que não têm acesso a um computador com *hardware* adequados à atividades de alto desempenho; pode ser difícil ou até impossível utilizá-lo de forma eficaz, criando uma barreira para iniciantes ou para desenvolvedores em países com menos acesso a equipamentos com tecnologia avançada. Isso inclui a necessidade de um *hardware* robusto, com CPUs e GPUs de alto desempenho, capazes de realizar os cálculos complexos necessários para a física do radar e a renderização gráfica. Além disso, uma quantidade significativa de memória RAM é crucial para armazenar os dados de simulação, que abrangem grandes conjuntos de informações sobre ambientes virtuais e características dos objetos. O armazenamento também se torna uma consideração importante, uma vez que a complexidade das cenas e a fidelidade dos dados simulados podem exigir um espaço significativo. Essas exigências de *hardware* são fatores críticos na implementação de simulações eficazes no *Unreal Engine*, já que uma infraestrutura inadequada pode limitar a capacidade de realizar testes precisos e eficientes na modelagem de sistemas de radar [Rahi, 2024].

Além disso, a implementação do *Unreal Engine* requer não apenas um entendimento profundo da ferramenta, mas também habilidades sólidas em programação, particularmente ao realizar personalizações avançadas para atender às necessidades específicas de simulação. A complexidade do desenvolvimento no *Unreal Engine* pode ser uma barreira para iniciantes ou pesquisadores com menos experiência em ambientes de simulação. Embora o *software* ofereça potentes recursos de renderização e física realista, a falta de documentação direcionada e de experiências prévias em robótica dentro da comunidade, pode dificultar o acesso e a aplicação das técnicas mais avançadas. Isso pode levar a um aumento no tempo e esforço necessários para integrar suas funcionalidades em projetos de pesquisa e robótica, por exemplo, exigindo um comprometimento significativo de recursos humanos e técnicos. Portanto, apesar das suas

capacidades impressionantes, a complexidade de aprendizado e a especialização necessárias podem ser desafios significativos para os usuários que desejam explorar plenamente o potencial do *software* [Xingjiang Li, 2024].

3.3. Análise dos Fatores externos:

3.3.1. Oportunidades:

Diante da eficácia que o *Unreal Engine* apresenta quando utilizada para modelar diversos tipos de visualização 3D, o mercado audiovisual se beneficia muito, pois este apresenta uma nova abordagem na produção gráfica. O *Unreal Engine* além de apresentar uma plataforma completa de visualização em tempo real de alta qualidade, também oferece um ambiente compartilhado, onde diversos profissionais podem trabalhar de maneira colaborativa, o que ocasiona na melhoria da tomada de decisões e técnicas baseadas em visualizações imediatas e interativas. Outro ponto que o mercado se beneficia, é o fato da possibilidade de realizar o *download* e o utilizar de forma gratuita, facilitando ainda mais a adoção do mercado, já que não haverá gastos significativos para adquirir o *software*. Além disso, o *Unreal Engine* tem sido cada vez mais visado, ocasionando em um rápido avanço na formação de profissionais que estão se capacitando para trabalhar com o *software*. Isso sugere uma possível adaptação do mercado em direção a esses novos *softwares* de simulação 3D e uma valorização do *Unreal Engine*, sendo utilizado como uma ferramenta indispensável para a produção de conteúdos visuais [Esteves, 2021].

Mesmo estando em constante evolução, o *Unreal Engine* pode passar por melhorias na manipulação de animações, buscando a criação de ferramentas para espelhamento de animações, assim facilitando e acelerando o processo de criação dos modelos virtuais. Além disso, a integração de novas funcionalidades, buscando cada vez mais proximidade com o real é um ponto a ser visado, pois isso permitirá que o usuário possua uma experiência mais rica e imersiva nos jogos digitais. Outro ponto importante é desenvolver novas maneiras de haver um suporte mais ativo para a comunidade que utiliza o *software*, a fim de, além de ser realizada a retirada de dúvidas, também sejam implementadas novas funcionalidades com base no *feedback* dos desenvolvedores, fazendo com que avance diante as necessidades que o mercado impõe. Esses avanços contínuos fazem com que o *software* continue se mantendo competitivo no mercado, sendo a preferência de diversos desenvolvedores de jogos [Rocha Inácio, et al., 2022].

Desde a pandemia, o apoio governamental voltado para o uso de tecnologias tem crescido cada vez mais, uma vez que estas são eficientes para a melhoria de diversos problemas que venham a surgir. Por isso, a promoção de incentivos fiscais e apoio às indústrias de tecnologia, fazem com que haja uma maior visibilidade de *softwares* como o *Unreal Engine*, o que ocasiona no maior desenvolvimento de pessoas na área. Incentivos governamentais para a utilizar o motor gráfico seriam de grande eficiência, uma vez que, uma das suas capacidades tecnológicas mais visada, é justamente a geração de gráficos de alta qualidade, além do suporte para simulações complexas, tornando-a uma ferramenta ideal para o desenvolvimento de experiências educacionais imersivas [Fritzen, 2024].

A busca contínua por *softwares* que proporcionam experiências imersivas e interativas é algo que tem se tornado cada vez mais recorrente. Com isso, o *Unreal Engine* apresenta um ambiente virtual, capaz de apresentar simulações realistas, além de ter um

grande potencial para atender a demanda desses consumidores. Outro ponto importante a ser destacado é o fato de desenvolvedores sempre estarem buscando a realização de grandes trabalhos, sem ter altos gastos envolvidos, com isso, o *Unreal Engine* também atende a esse requisito quando oferece uma plataforma gratuita, com alta qualidade profissional com menos barreiras de entrada [Da Silva e De Araújo Kohler, 2022].

3.3.2. Ameaças:

Sabe-se que, hoje em dia, é um desafio se manter competitivo no mercado, por isso uma das problemáticas que o *Unreal Engine* enfrenta, é justamente haver a existência de outros *softwares* que oferecem ambientes virtuais de qualidade, similares a ele, fazendo com que a concorrência aumente e haja uma diminuição em sua popularidade, se tornando um empecilho significativo. *Softwares* de simulação como o *Flexsim*, têm sido de grande procura no mercado por oferecer um ambiente virtual intuitivo e capaz de realizar análises de dados, porém em comparação ao *Unreal Engine*, mesmo não sendo uma ferramenta primariamente dedicada à análise de dados, ao ser adaptado, pode oferecer certas análises em contextos específicos, especialmente no desenvolvimento de jogos e simulações. Além disso, seu ambiente 3D é mais robusto, atraente e realista quando comparado com o *Flexsim*, uma vez que possui um editor de alto nível, opções de iluminação e sombreamento, oportunidades de criação de avatares, além da possibilidade da utilização de Realidade Virtual e Aumentada (RV e RA), já que seu motor suporta a criação dessas experiências imersivas [Da Silva e De Araújo Kohler, 2022].

Diante dessa rápida evolução e criação de novas tecnologias, a segurança de dados do usuário é sempre um ponto sensível a ser discutido. Sabe-se que toda e qualquer plataforma que lida com dados, estar suscetível a receber ataques cibernéticos. Com o *Unreal Engine* não é diferente, dependendo de como o *software* seja utilizado, este pode ficar exposto a terceiros ou hackers. Exemplos de vulnerabilidades que podem ocorrer é quando há integração entre ferramentas e serviços externos (APIs externas ou serviços em nuvem), estes podem introduzir riscos à segurança de dados, especialmente se essas integrações não forem feitas da maneira correta. Outra ocasião que pode vir a acontecer é se o sistema de testes for criado a fim coletar informações dos usuários, assim terá o risco de ataques de *phishing* que coletam dados identificáveis [Da Silva Dias, 2024].

Com o rápido desenvolvimento de tecnologias similares ao *Unreal Engine*, que utilizam realidade virtual e aumentada e que atendam às necessidades do mercado, cria-se a possibilidade de haver uma baixa no uso do *software*, caso este não se adapte a esses avanços e esteja alinhado com as necessidades do mercado. Além disso, algo que pode parar essa rápida expansão deste, são as questões relacionadas à proteção da propriedade intelectual, direitos autorais e regulamentações de conteúdo, podendo apresentar uma série de problemas para aqueles desenvolvedores que utilizam o *software* para trabalhar [Fritzen, 2024].

Atualmente, o *Unreal Engine* possui um grande potencial de destaque na Indústria 4.0, uma vez que já existem aplicações práticas, como a simulação de testes de usabilidade de veículos, facilitando a análise do comportamento do usuário e a interação com os produtos em um ambiente imersivo, que é testado antes mesmo da implementação no mundo real. Além disso, seu ambiente 3D também é utilizado para a criação de protótipos virtuais, possibilitando que *designers* e engenheiros revisem e ajustem os produtos antes da fabricação real, o que leva a melhorias na usabilidade, custos e eficiência. Por fim,

outra aplicação que vem crescendo no contexto da Indústria 4.0 é a integração de outras tecnologias a ele, permitindo ambientes mais integrados e análises mais avançadas [Da Silva Dias, 2024].

A análise evidenciou que o *Unreal Engine* possui grande potencial para simulações industriais, destacando-se pela versatilidade e qualidade gráfica. Apesar de desafios como a complexidade de uso e exigência de *hardware*, as oportunidades de expansão no mercado de experiências imersivas são significativas. As ameaças, por sua vez, incluem concorrência de outras *engines* e questões de segurança, reforçando a necessidade de gestão estratégica para ampliar sua adoção na Indústria 4.0.

4. Considerações finais

O *Unreal Engine* se destaca como uma ferramenta poderosa no cenário da transformação digital, impulsionando a competitividade e a produtividade em diversos setores. Sua capacidade de criar ambientes virtuais imersivos e simulações realistas abre portas para inovações em áreas como arquitetura, engenharia, *e-commerce*, educação e entretenimento. A versatilidade da plataforma permite o desenvolvimento de treinamentos de segurança industrial em realidade virtual, a análise de indicadores e a criação de interfaces interativas.

Apesar de suas inúmeras vantagens, o *Unreal Engine* também apresenta desafios. Os requisitos de *hardware* podem limitar o acesso de iniciantes e desenvolvedores em países com menos recursos, criando uma barreira para a adoção da ferramenta. A complexidade da plataforma e a necessidade de habilidades avançadas em programação podem dificultar o aprendizado e a implementação de projetos complexos, exigindo um investimento significativo em tempo e recursos. Além disso, a concorrência com outros *softwares* similares e as questões relacionadas à propriedade intelectual e direitos autorais podem representar ameaças à sua popularidade e expansão no mercado.

Referências

- An, D. (2022). Technology-driven Virtual Production: The Advantages and New Applications of Game Engines in the Film Industry. *Revista FAMECOS*, 29(1), e43370.
- Araujo, A. C. B. de, Oliveira, D. M. S., Lopes, E. C. S., Silva, M. V. L. da, Sant'anna, Â. M. O., & Pimentel, C. A. (2024). Mercado do Gêmeo Digital: aplicação da matriz SWOT para análise mercadológica e tendências do setor. *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(9), e4160. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4160>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- Da Silva, S. H. R. T., & De Araújo Kohler, L. P. (2022). SPACE ROYALE: Desenvolvimento de jogo battle royale com Unreal Engine.
- Da Silva, A. et al. (2024). Metodología para aplicación de realidad virtual en treinamentos de integração de segurança industrial. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 22(12), e8142-e8142.

- EBAC. (2023). O que é a Unreal Engine? Escola Britânica de Artes Criativas e Tecnologia. Disponível em: <https://ebaconline.com.br/blog/o-que-e-a-unreal-engine>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- Epic Games. (2025). Unreal Engine. Crie simulações que são (quase) como a vida real. Disponível em: <https://www.unrealengine.com/pt-BR/uses/simulation>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- Esteves, D. M. P. G. (2021). A utilização do software Unreal Engine na pré-visualização de cenas de cinema e televisão. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Portugal.
- Fritzen, E. A. (2024). Desenvolvimento de uma simulação educativa na Unreal Engine 5 para auxiliar a entrada de viajantes no Brasil.
- Li, X. et al. (2024). Photorealistic Arm Robot Simulation for 3D Plant Reconstruction and Automatic Annotation using Unreal Engine 5. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p. 5480-5488.
- Mur, S. (2024). The Benefits of Using Unreal Engine in Architecture and Real Estate Explained in Detail. ARCHICGI. Disponível em: <https://archicgi.com/cgi-services/benefits-of-unreal-engine-in-architecture/>. Acesso em: 5 abr. 2025.
- Orvalho, L. et al. (2023). Using Unreal Engine 5 to realistic rendering of scenes. Kriativ Tech, 1(9), 1-8.
- Rahi, A. et al. (2024). Modeling of an Automotive Radar Utilizing Grid-DBSCAN and SNR Characteristics of Virtual Objects in Unreal Engine. IEEE Access.
- Rocha Inácio, L. et al. (2022). Desenvolvimento de um Plug-In de Espelhamento de Animações Tridimensionais para o Motor Unreal Engine 4.
- Rossi, T. (2021). Um método para o desenvolvimento de competências para a indústria 4.0 através de tecnologias de realidade virtual.
- Schmidt, J. (2022). O que é um motor de jogo e um motor gráfico. Terra. Disponível em: <https://www.terra.com.br/byte/o-que-e-um-motor-de-jogo-e-um-motor-grafico,bf61968b6b5fdb288cb9a5164e9ab27f56kgaha8.html>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- 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.
- Singh, S., & Kumar, S. (2025). Machine Learning-Driven Volumetric Cloud Rendering: Procedural Shader Optimization and Dynamic Lighting in Unreal Engine for Realistic Atmospheric Simulation. arXiv preprint arXiv:2502.08107, 1-11.
- Valeri, V. (2023). Volvo usará Unreal Engine para criar gráficos realistas em carros elétricos. Adrenaline. Disponível em: <https://www.adrenaline.com.br/noticias/volvousara-unreal-engine-para-criar-graficos-realistas-em-carros-eletricos/>. Acesso em: 5 abr. 2025.