

Inteligência artificial aplicado a evolução de jogos eletrônicos FPS

Artificial intelligence applied to the evolution of FPS electronic games

Inteligencia artificial aplicada a la evolución de los videojuegos FPS

Recebido: 22/01/2026 | Revisado: 27/01/2026 | Aceitado: 27/01/2026 | Publicado: 28/01/2026

Marcos Henrique da Silva Alves Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5726-2999>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: marcos.alves@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Audair Silva Leite

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8156-2317>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: audair.leite@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Jhemeson Kaique Santos Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9505-6108>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: jhemeson.kaique@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Gabriel da Silva Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1613-7773>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: marcos.alves@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Patrícia Cristina de Sá Menezes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6636-6255>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: patricia.menezes@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Danilo da Costa Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4739-1666>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: danilo.costa@ifsertao-pe.edu.br

Tássio José Gonçalves Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-9115>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: tassio.goncalves@ifsertao-pe.edu.br

Breno Leonardo Gomes de Menezes Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4729-3704>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil

E-mail: breno.leonardo@ifsertao-pe.edu.br

Resumo

O objetivo principal desta revisão é mapear e analisar como a IA tem sido utilizada para aprimorar a experiência dos jogadores em jogos FPS, com foco em aspectos como comportamento de personagens não jogáveis ou *Non-Playable Character* (NPCs), adaptação da dificuldade, imersão, realismo e personalização. Utilizando um método rigoroso baseado nas diretrizes de Kitchenham, foram sintetizados estudos publicados entre 2023 e 2025. Os resultados demonstram uma clara transição de técnicas clássicas de IA, como Máquinas de Estados Finitos (FSMs) e Árvores de Comportamento (BTs), para algoritmos avançados de aprendizado de máquina, notadamente o *deep reinforcement learning*. A análise evidencia que a IA é um pilar central na modernização dos FPS, impactando diretamente o comportamento de personagens não jogáveis (NPCs), a personalização da experiência através da Adaptação Dinâmica de Dificuldade (DDA) e a busca por maior imersão e realismo. O estudo também identifica desafios técnicos recorrentes, como o alto custo computacional, a necessidade de vastos conjuntos de dados para treinamento e a complexidade de depuração de modelos de "caixa preta". Por fim, são discutidas tendências emergentes, como o uso de *Large Language Models* (LLMs) para diálogos naturais e IA generativa para a criação de conteúdo dinâmico, que apontam para um futuro com experiências de jogo cada vez mais inteligentes e adaptativas.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Jogos FPS; Comportamento de NPC; Adaptação Dinâmica de Dificuldade.

Abstract

The main objective of this review is to map and analyze how artificial intelligence (AI) has been used to enhance player experience in FPS games, with a focus on aspects such as the behavior of non-playable characters (NPCs), difficulty adaptation, immersion, realism, and personalization. Using a rigorous method based on Kitchenham's guidelines, studies published between 2023 and 2025 were synthesized. The results demonstrate a clear transition from classical

AI techniques, such as Finite State Machines (FSMs) and Behavior Trees (BTs), to advanced machine learning algorithms, notably deep reinforcement learning. The analysis shows that AI is a central pillar in the modernization of FPS games, directly impacting non-playable character (NPC) behavior, experience personalization through Dynamic Difficulty Adaptation (DDA), and the pursuit of greater immersion and realism. The study also identifies recurring technical challenges, such as high computational costs, the need for large datasets for training, and the complexity of debugging “black-box” models. Finally, emerging trends are discussed, such as the use of Large Language Models (LLMs) for natural dialogues and generative AI for dynamic content creation, pointing toward a future with increasingly intelligent and adaptive gaming experiences.

Keywords: Artificial Intelligence; FPS Games; NPC Behavior; Dynamic Difficulty Adjustment.

Resumen

El objetivo principal de esta revisión es mapear y analizar cómo la inteligencia artificial (IA) ha sido utilizada para mejorar la experiencia de los jugadores en juegos FPS, con un enfoque en aspectos como el comportamiento de los personajes no jugables (NPCs), la adaptación de la dificultad, la inmersión, el realismo y la personalización. Utilizando un método riguroso basado en las directrices de Kitchenham, se sintetizaron estudios publicados entre 2023 y 2025. Los resultados demuestran una clara transición desde técnicas clásicas de IA, como las Máquinas de Estados Finitos (FSMs) y los Árboles de Comportamiento (BTs), hacia algoritmos avanzados de aprendizaje automático, especialmente el deep reinforcement learning. El análisis evidencia que la IA es un pilar central en la modernización de los FPS, impactando directamente el comportamiento de los personajes no jugables (NPCs), la personalización de la experiencia mediante la Adaptación Dinámica de la Dificultad (DDA) y la búsqueda de una mayor inmersión y realismo. El estudio también identifica desafíos técnicos recurrentes, como el alto costo computacional, la necesidad de grandes conjuntos de datos para el entrenamiento y la complejidad de la depuración de modelos de “caja negra”. Por último, se discuten tendencias emergentes, como el uso de *Large Language Models* (LLMs) para diálogos naturales y la IA generativa para la creación de contenido dinámico, que apuntan hacia un futuro con experiencias de juego cada vez más inteligentes y adaptativas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; Juegos FPS; Comportamiento de NPC; Ajuste Dinámico de la Dificultad.

1. Introdução

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos na área da Inteligência Artificial (IA) têm impactado significativamente o desenvolvimento de jogos eletrônicos, especialmente aqueles do gênero *First-Person Shooter* (FPS). Esse tipo de jogo, caracterizado pela perspectiva em primeira pessoa e ênfase em ações de combate e imersão visual, tem se beneficiado da aplicação de técnicas de IA que vão desde o comportamento adaptativo de inimigos até a geração de conteúdo procedural. Diante da crescente complexidade desses jogos e da busca por experiências mais realistas e personalizadas, torna-se essencial compreender como a IA tem sido empregada de maneira sistemática nesse contexto.

Considerando a diversidade de abordagens e o ritmo acelerado das inovações no campo da IA aplicada aos jogos, uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) se apresenta como o método mais adequado para consolidar o conhecimento científico existente. Conforme Kitchenham (2007), a RSL é uma estratégia de pesquisa rigorosa, estruturada e replicável, que permite identificar, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis sobre um tema específico. Ao seguir esse modelo metodológico, evita-se a subjetividade comum em revisões narrativas, promovendo uma análise criteriosa e imparcial dos estudos revisados.

O objetivo principal desta revisão é mapear e analisar como a IA tem sido utilizada para aprimorar a experiência dos jogadores em jogos FPS, com foco em aspectos como comportamento de NPCs (personagens não jogáveis), adaptação da dificuldade, imersão, realismo e personalização. A partir da formulação da questão de pesquisa — “Como a Inteligência Artificial tem sido aplicada no desenvolvimento e evolução de jogos do tipo First-Person Shooter (FPS)?” — foram definidos critérios de inclusão e exclusão que asseguram a relevância e atualidade dos estudos selecionados, abrangendo publicações entre 2023 e 2025 em bases reconhecidas como IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus, entre outras.

Além do modelo de Kitchenham, esta revisão incorpora os princípios estabelecidos por Brocke, Simons e Niehaves (2009), que enfatizam a importância da documentação detalhada do processo de busca, da clareza nos critérios metodológicos e do alinhamento entre os objetivos da revisão e os métodos adotados. Essa abordagem assegura transparência, reproduzibilidade e validade científica, especialmente em áreas aplicadas e multidisciplinares como a de jogos digitais com IA. A adoção de

taxonomias e frameworks visuais também contribui para uma melhor organização e análise das evidências coletadas.

Portanto, esta RSL não apenas apresenta o estado da arte da IA em jogos FPS, mas também busca identificar lacunas de pesquisa, limitações técnicas recorrentes e tendências emergentes, como o uso de aprendizado por reforço profundo, modelagem de jogadores e aplicação de modelos generativos. Ao sintetizar esses achados, o estudo pretende oferecer subsídios tanto para pesquisadores quanto para desenvolvedores interessados em explorar o potencial da IA na criação de experiências interativas mais inteligentes, desafiadoras e imersivas.

2. Metodologia

Fez-se uma pesquisa documental de fonte indireta em artigos científicos (Snyder, 2019), num estudo de natureza quantitativa em relação à quantidade de 11 (onze) artigos selecionados para compor o “corpus” do presente estudo e, de natureza qualitativa em relação à discussão realizada sobre esses artigos (Pereira et al., 2018).

Este tópico aborda a metodologia usada nesta pesquisa para identificar estudos publicados em bancos de dados e mecanismos de busca acadêmicos. Buscamos várias metodologias de pesquisa, mas iremos utilizar uma como as Diretrizes de Kitchenham (2004) e o PRISMA (Moher et al. 2009), para a realização de uma revisão de literatura sistêmica. Além de Kitchenham e PRISMA, utilizamos os métodos estabelecidos por Brocke, Simons e Niehaves (2009), para nos aprofundarmos mais e obter melhores resultados.

Nossos critérios de inclusão exigem que os estudos pesquisados sejam publicados em periódicos acadêmicos com revisão por pares e indexados em bases de dados acadêmicos. Nesta pesquisa, para revisar os estudos, utilizamos várias ferramentas de pesquisa e bancos de dados. Entre as ferramentas de pesquisa utilizadas estão: Periódicos CAPES, Google Scholar e ResearchGate. Entre os bancos de dados estão: IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus, Springer Nature Link, entre outras.

Uma lista de palavras em inglês foram coletadas como *string* de busca a partir do tópico de alto nível, como "*Artificial Intelligence*" AND "*evolution*" AND "*FPS games*", até tópicos mais específicos, como "*AI*" AND "*FPS game design*" AND "*enemy behavior evolution*". A lista completa de palavras-chave serão disponibilizadas como material a parte deste artigo como um suplemento.

Embora nosso tema seja um tanto recente, enfrentamos dificuldades para encontrar uma grande gama de estudos sobre o que queríamos. Excluímos uma pequena parte dos estudos encontrados para que a pesquisa se enquadre nos requisitos:

1. Estudos que levassem a importância da evolução da IA dentro dos jogos de computadores;
2. Estudos que incluíssem tomada de decisão por parte dos NPC's em jogos de FPS através da Inteligência Artificial.

Alguns estudos foram selecionados como exceções por conter partes importantes que embasassem em nossa pesquisa e trouxessem uma clareza maior para o caminho final do estudo.

Nossos esforços de busca resultaram em 17 estudos. Nós os investigamos cuidadosamente utilizando da leitura e compreensão para podermos fazer uma escolha rigorosa e trazer todo o foco para o assunto principal. Destes números dito, apenas 11 referências foram necessárias para conseguirmos embasar nossa pesquisa.

Os 11 (Onze) artigos selecionados foram dos seguintes autores: “1. Uludağlı e Oğuz (2023)”, (que é citado 3 vezes), “2. Khan et al. (2020)”, “3. Asmara et al. (2024)”, “4. Knorr (2021)”, “5. Radulescu e Guest (2021)”, “6. Tilak (2024) (que é citado 4 vezes)”, “7. Asmara et al. (2024)”, “8. Du (2025) (que é utilizado três vezes)”, “9. Khan et al. (2020)”, “10. Gusmão e Almeida (2020)” e, “11. Silva et al. (2021)”.

3. Comportamento da IA nos jogos

A Inteligência Artificial (IA) tem sido um pilar fundamental na concepção de jogos eletrônicos, atuando como a força

motriz por trás dos desafios e da vitalidade dos mundos virtuais. Em seus primórdios, o comportamento dos adversários e outros personagens não jogáveis (NPCs) era governado por sistemas reativos simples, como Máquinas de Estados Finitos (FSMs), que permitiam ações básicas como patrulhar, perseguir ou fugir. Embora eficazes para sua época e ainda presentes em implementações modernas, esses métodos resultam em padrões previsíveis, limitando a profundidade estratégica e a capacidade de imersão dos jogos. Essa limitação impulsionou a indústria e a academia a buscarem soluções mais sofisticadas, capazes de simular um comportamento mais crível e dinâmico.

O foco dessa evolução rapidamente se concentrou em criar NPCs com um comportamento "semelhante ao humano", um elemento crucial para a suspensão de descrença e o engajamento do jogador. A credibilidade de um NPC não se mede apenas por sua letalidade em combate, mas por sua capacidade de interagir com o ambiente, reagir de forma coerente às ações do jogador e exibir uma gama de comportamentos que tornem o mundo do jogo mais vivo e responsivo. Tecnologias como Árvores de Comportamento (BTs) e Planejamento de Ação Orientado a Objetivos (GOAP) representaram um avanço significativo, permitindo a criação de lógicas mais complexas e hierarquizadas que superaram a rigidez das FSMs.

Com o advento do aprendizado de máquina, o comportamento da IA nos jogos deu um salto qualitativo, passando de uma lógica pré-programada para sistemas capazes de aprender e se adaptar. O *Reinforcement Learning* (Aprendizado por Reforço) tornou-se uma técnica proeminente, permitindo que agentes aprendam comportamentos ótimos através da interação direta com o ambiente do jogo, sem a necessidade de *scripts* manuais extensos. Essa abordagem não apenas possibilita a emergência de táticas complexas e não previstas pelos desenvolvedores, mas também abre caminho para experiências personalizadas, onde a IA pode se ajustar dinamicamente ao estilo de jogo de cada indivíduo, tornando cada partida única.

4. Resultados e Discussão

Durante as investigações literárias, analisou-se um conjunto de publicações científicas com o objetivo de mapear e compreender as contribuições da Inteligência Artificial (IA) para a evolução dos jogos eletrônicos do tipo *First-Person Shooter* (FPS). A análise dos artigos selecionados permitiu a extração de dados que foram sintetizados para responder às questões de pesquisa propostas. Os resultados são apresentados e discutidos a seguir, seguindo os eixos temáticos definidos nos objetivos do estudo.

a. Panorama Atual da Aplicação de IA em Jogos FPS

A literatura evidencia um campo de pesquisa diversificado e em rápida expansão. As técnicas de IA aplicadas a jogos FPS não se limitam a uma única abordagem, mas abrangem um espectro que vai desde métodos clássicos de tomada de decisão até complexos algoritmos de aprendizado de máquina. Uludağlı e Oğuz (2023) fornecem uma taxonomia detalhada que categoriza os métodos de decisão para Personagens Não Jogáveis (NPCs), incluindo Máquinas de Estados Finitos (FSMs), Árvores de Comportamento (BTs), Planejamento de Ação Orientado a Objetivos (GOAP) e Redes Neurais Artificiais (ANNs). Essa diversidade é corroborada por outros estudos, que demonstram o uso de FSMs para controlar o comportamento de agentes e BTs para modelar comportamentos complexos em jogos como Halo 2.

Por conseguinte, observa-se uma forte tendência na aplicação de técnicas avançadas de aprendizado. Khan et al. (2020) demonstram a transição de ambientes 2D, como os jogos Atari, para ambientes 3D mais complexos, como o Doom, utilizando uma variedade de algoritmos de *deep reinforcement learning*, como A2C, A3C, DQN e DFP, para treinar agentes autônomos. A aplicação de *object detection* em tempo real, especificamente com algoritmos como o YOLO (You Only Look Once), também se destaca como uma técnica crucial, sendo utilizada para criar sistemas de mira automática (*aimbots*) que operam a partir da análise da tela do jogador, sem injetar código no jogo. Essa abordagem, explorada por Asmara et al. (2024), exemplifica a

aplicação de IA para interações de alta velocidade, essenciais no gênero FPS.

b. Adaptação Dinâmica de Dificuldade (DDA) em FPS

A personalização da experiência do jogador é um dos resultados mais impactantes da IA em jogos FPS. A Adaptação Dinâmica de Dificuldade (DDA) emergiu como uma solução robusta para o problema de níveis de dificuldade estáticos, que muitas vezes não conseguem manter o jogador em um estado de "Fluxo" — um equilíbrio entre desafio e habilidade. A pesquisa de Knorr (2021) detalha como sistemas DDA analisam o comportamento do jogador em tempo real para ajustar o desafio, alterando parâmetros como a vida e o dano dos inimigos, a precisão dos NPCs e a disponibilidade de itens. Jogos comerciais como *Left 4 Dead* e *Resident Evil 4* são exemplos notórios, utilizando um "Diretor de IA" para modular a intensidade do jogo, posicionamento de inimigos e recursos com base no desempenho e estado emocional dos jogadores.

O estudo de Radulescu e Guest (2021) aprofunda essa questão ao investigar métodos para degradar a percepção dos agentes de IA como forma de escalar a dificuldade. Seus resultados mostram uma alta correlação negativa entre o desempenho do agente e a introdução de "ruído" nos dados de percepção (ex: imprecisão na localização do jogador), concluindo que esta é uma maneira eficaz e escalável de ajustar a dificuldade. Em contrapartida, a introdução de "atraso" (*delay*) na informação teve pouca ou nenhuma correlação com o desempenho, indicando uma limitação dessa abordagem específica. Isso demonstra que a forma como a IA é implementada para DDA é crucial para sua eficácia.

c. IA no Level Design e Desafios Progressivos

A aplicação de IA transcende o comportamento dos personagens e adentra o próprio design dos níveis e desafios. A literatura aponta para o uso de Geração Procedural de Conteúdo (PCG), uma técnica que utiliza algoritmos para criar conteúdo de jogo dinamicamente, em vez de manualmente. Em jogos FPS, isso se traduz na otimização de rotas de navegação para NPCs, posicionamento estratégico de inimigos e coberturas, e a geração de eventos dinâmicos que se adaptam às ações do jogador. A pesquisa de Tilak (2024) destaca que sistemas avançados de IA podem gerar conteúdo em tempo real com base nas preferências e ações do jogador, garantindo uma experiência personalizada e continuamente nova.

Modelos como o YOLO, embora primariamente associados à detecção de objetos, também impactam indiretamente o design de desafios. Ao permitir que agentes de IA identifiquem e reajam a alvos com alta velocidade e precisão, os desenvolvedores podem criar cenários de combate mais complexos e exigentes. A capacidade de um NPC de identificar a posição exata de um jogador e diferenciar entre um tiro na cabeça e no corpo, por exemplo, eleva o nível de desafio tático, forçando os jogadores a utilizarem o ambiente e as coberturas de forma mais inteligente.

d. Desafios Técnicos e Limitações

Apesar dos avanços, a implementação de IA em jogos FPS enfrenta desafios significativos. Um dos gargalos mais proeminentes é o custo computacional. Asmara et al. (2024) demonstram que, mesmo com otimização, algoritmos de *deep learning* como o YOLO exigem um poder de processamento considerável, com a velocidade de detecção (medida em *frames* por segundo) variando drasticamente entre diferentes versões do modelo e dependendo do uso de GPUs potentes. O uso de "*mixed precision training*" (treinamento com precisão mista) é uma das técnicas utilizadas para mitigar esse problema, mas ainda assim representa uma barreira técnica.

Outra limitação recorrente é a necessidade de grandes volumes de dados para treinar modelos de aprendizado de máquina. Uludağlı e Oğuz (2023) apontam que, embora sofisticados, os métodos de *deep learning* "requerem muitos dados para treinar". Du (2025) reforça essa ideia, mencionando a "necessidade de grandes conjuntos de dados para treinamento" como um desafio para a combinação de algoritmos tradicionais e novos. Além disso, a dificuldade de generalização e a natureza de "caixa

preta" de muitas redes neurais profundas tornam o *debugging* e o ajuste fino dos comportamentos de IA uma tarefa complexa para os desenvolvedores.

e. IA, Imersão e Realismo

Um dos objetivos centrais da IA em jogos é aumentar a imersão e o realismo, e a literatura confirma seu papel essencial nesse quesito. A pesquisa de Tilak (2024) é enfática ao afirmar que a IA aprimora significativamente a imersão do jogador ao criar ambientes de jogo mais realistas e dinâmicos. NPCs com comportamentos complexos, rotinas diárias e respostas emocionais, como os vistos em *Red Dead Redemption 2*, contribuem para um mundo de jogo mais crível e envolvente. A capacidade dos NPCs de lembrar as ações do jogador e alterar suas interações futuras, como em *The Elder Scrolls V: Skyrim*, fortalece a agência do jogador e a sensação de que suas escolhas têm consequências reais no mundo do jogo.

O realismo no combate FPS é diretamente impactado pela IA. Inimigos que utilizam táticas de flanqueamento, buscam cobertura, reagem ao som dos disparos e se comunicam entre si criando uma experiência de combate muito mais autêntica e desafiadora do que adversários com padrões de ataque previsíveis. A busca por um comportamento "semelhante ao humano" é um tema central, visando criar NPCs que não apenas pareçam realistas, mas que também tomem decisões táticas coerentes, aumentando a imersão e a satisfação do jogador.

f. Comportamento de NPCs Inteligentes: Da Reatividade ao Planejamento

A evolução do comportamento de NPCs é um reflexo direto do avanço das técnicas de IA. Os estudos analisados mostram uma clara transição de modelos reativos para sistemas mais produtivos e estratégicos. Métodos clássicos como FSMs e BTs, embora ainda amplamente utilizados por sua simplicidade e controle, geralmente resultam em comportamentos previsíveis. Uludağlı e Oğuz (2023) descrevem FSMs como adequadas para fornecer um mecanismo de decisão, mas que se tornam exponencialmente complexas com o aumento de estados.

A introdução de *deep reinforcement learning* representa um salto qualitativo. Khan et al. (2020) testaram múltiplos algoritmos de RL no jogo Doom, onde os agentes aprendem a navegar, coletar itens e (em outros cenários) combater inimigos de forma autônoma, superando tanto jogadores humanos quanto os agentes de IA pré-programados do jogo. A pesquisa de Du (2025) destaca que o RL permite que NPCs aprendam comportamentos ótimos através da interação com o ambiente, adaptando-se a diferentes situações de jogo e ações do jogador. Essa capacidade de aprendizado contínuo permite a emergência de comportamentos complexos e não roteirizados, que conciliam reatividade rápida com planejamento tático.

g. Modelagem de Jogadores e Tendências Futuras

A RSL aponta para tendências emergentes que prometem redefinir a interação jogador-NPC. A IA está sendo cada vez mais utilizada para construir modelos de jogadores (*player modeling*), que simulam comportamentos humanos e permitem interações mais empáticas e personalizadas. Tilak (2024) discute o desenvolvimento de modelos emocionais e de IA social, que permitem que NPCs reajam com emoções como felicidade, raiva ou medo, criando um mundo de jogo mais verossímil e imersivo.

Olhando para o futuro, o uso de *Large Language Models* (LLMs), como a tecnologia por trás do GPT, é identificado como uma fronteira promissora. Du (2025) e Tilak (2024) sugerem que LLMs podem ser aplicados para criar diálogos naturais e não roteirizados com NPCs, permitindo que os jogadores conversem livremente com personagens, que por sua vez poderiam responder de forma coerente e contextualizada com a narrativa do jogo. Outras tendências incluem a IA generativa para a criação de conteúdo dinâmico (missões, itens, ambientes) e sistemas de aprendizado contínuo (*online learning*), onde os NPCs evoluem suas estratégias não apenas durante o desenvolvimento, mas ao longo do tempo de jogo, aprendendo a cada interação com a

comunidade de jogadores. Essas inovações apontam para um futuro onde a linha entre um NPC e um jogador humano se tornará cada vez mais tênue, resultando em experiências de jogo profundamente imersivas, adaptativas e inteligentes.

Além disso, incorporo os estudos de Gusmão e Almeida (2020), que tratam da aplicação de IA em ambientes interativos no contexto brasileiro, e Silva et al. (2021), que analisam a evolução da IA em jogos digitais com foco em jogabilidade adaptativa e imersão.

Os resultados desta Revisão Sistemática da Literatura evidenciam que a Inteligência Artificial assumiu um papel central na evolução dos jogos do gênero *First-Person Shooter* (FPS), deixando de ser um mero mecanismo de controle de inimigos para tornar-se um elemento estratégico no design da experiência do jogador. A transição observada de técnicas determinísticas, como Máquinas de Estados Finitos (FSMs) e Árvores de Comportamento (BTs), para abordagens baseadas em aprendizado de máquina reflete um amadurecimento tanto tecnológico quanto conceitual da área. Esse progresso está diretamente associado à busca por experiências mais dinâmicas, imersivas e adaptativas, capazes de responder de forma mais realista às ações dos jogadores.

A literatura analisada demonstra que o avanço do *deep reinforcement learning* representa um marco significativo no comportamento de NPCs em jogos FPS. Diferentemente dos modelos tradicionais, essas abordagens permitem que agentes aprendam estratégias a partir da interação com o ambiente, desenvolvendo comportamentos emergentes e não previamente roteirizados. Essa capacidade amplia substancialmente o potencial de personalização do jogo, ao possibilitar que a IA se adapte a diferentes estilos de jogo, níveis de habilidade e padrões de tomada de decisão dos usuários, fortalecendo a sensação de desafio equilibrado.

Outro ponto relevante discutido nos estudos é a consolidação da Adaptação Dinâmica de Dificuldade (DDA) como um dos principais benefícios práticos da aplicação de IA em jogos FPS. Os sistemas DDA permitem manter o jogador em um estado contínuo de engajamento, evitando tanto a frustração quanto o tédio. No entanto, os trabalhos também apontam que a eficácia da DDA depende diretamente da qualidade dos dados coletados sobre o comportamento do jogador e da forma como esses dados são interpretados pelos modelos de IA, o que exige um equilíbrio cuidadoso entre complexidade técnica e controle de design.

Apesar dos avanços expressivos, a literatura também destaca desafios técnicos persistentes que limitam a adoção ampla de soluções baseadas em aprendizado profundo. O alto custo computacional, a dependência de grandes volumes de dados para treinamento e a dificuldade de depuração de modelos de “caixa preta” representam barreiras significativas, especialmente para estúdios independentes ou projetos acadêmicos com recursos limitados. Esses fatores indicam que, embora promissoras, as técnicas avançadas de IA ainda demandam esforços consideráveis de otimização e adaptação para uso em ambientes de produção real.

No que se refere ao impacto na imersão e no realismo, os estudos convergem ao afirmar que a IA contribui de maneira decisiva para a construção de mundos de jogo mais críveis. NPCs capazes de cooperar, flanquear, reagir a estímulos sonoros e visuais e modificar seu comportamento ao longo do tempo elevam o nível de autenticidade das interações. Esse progresso reforça a ideia de que a IA não deve ser avaliada apenas por sua eficiência técnica, mas também por sua capacidade de enriquecer a narrativa emergente e a experiência subjetiva do jogador.

Portanto, as discussões indicam que o campo da IA aplicada a jogos FPS encontra-se em um estágio de transição, no qual abordagens híbridas tendem a se tornar predominantes. A combinação de técnicas clássicas, que oferecem previsibilidade e controle, com métodos baseados em aprendizado, que proporcionam adaptabilidade e inovação, surge como uma solução viável para equilibrar desempenho, custo e qualidade da experiência. Esse cenário aponta para um progresso contínuo, no qual a IA se consolida não apenas como ferramenta técnica, mas como componente fundamental do design de jogos modernos.

5. Conclusão

Esta Revisão Sistemática da Literatura permitiu analisar de forma estruturada e crítica a evolução da Inteligência Artificial aplicada aos jogos do gênero *First-Person Shooter* (FPS), evidenciando sua importância crescente no desenvolvimento de experiências mais imersivas, adaptativas e realistas. A partir da síntese dos estudos publicados entre 2023 e 2025, foi possível compreender como a IA deixou de desempenhar funções limitadas e previsíveis, passando a atuar como elemento central na modelagem do comportamento de NPCs, na adaptação da dificuldade e na personalização da jogabilidade.

Os resultados demonstram uma clara tendência de substituição ou complementação de técnicas tradicionais por algoritmos avançados de aprendizado de máquina, especialmente o deep reinforcement learning. Essas abordagens ampliam significativamente o potencial de tomada de decisão autônoma dos agentes virtuais, permitindo comportamentos emergentes e ajustados ao contexto do jogo e ao perfil do jogador. Contudo, a adoção dessas técnicas ainda enfrenta desafios técnicos relevantes, como custos computacionais elevados, necessidade de grandes volumes de dados e dificuldades de interpretação e controle dos modelos.

Além disso, a revisão identificou tendências emergentes que indicam novos caminhos para a pesquisa e o desenvolvimento de jogos FPS, como o uso de *Large Language Models* (LLMs) para diálogos naturais e a aplicação de IA generativa na criação dinâmica de conteúdo. Essas inovações apontam para um futuro no qual a interação entre jogadores e NPCs será cada vez mais natural, contextualizada e imprevisível, reduzindo a distinção entre comportamentos humanos e artificiais dentro dos ambientes virtuais.

Dessa forma, conclui-se que a Inteligência Artificial representa um dos principais vetores de inovação nos jogos FPS, com impacto direto tanto no aspecto técnico quanto na experiência do jogador. Este estudo contribui para consolidar o estado da arte, identificar limitações atuais e destacar oportunidades de pesquisa futura, servindo como referência para pesquisadores e desenvolvedores interessados em explorar o potencial da IA na evolução dos jogos eletrônicos.

Referências

- Asmara, R. A.; Samudra, M. R.; Wibowo, D. W. (2023). Identifikasi Person Pada Game First Person Shooter (FPS) Menggunakan YOLO Object Detection dan Diimplementasikan Sebagai Agent Cerdas Automatic Target Hit. *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, Malang: Politeknik Negeri Malang, p. 142–144, 2023. ISSN 2460-5549. <http://dx.doi.org/10.33795/jtia.v3i1.87>.
- Brocke, J. vom; Simons, A. & Niehaves, B. (2009). Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. *ECIS 2009 Proceedings*, 161.
- Du, H. (2025). The Progress and Trend of Intelligent NPCs in Games. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Signal Processing and Machine Learning*, 2025. p. 158–160. DOI: 10.54254/2755-2721/133/2025.20635.
- Gusmão, R. & Almeida, T. (2020). Inteligência Artificial aplicada ao design de NPCs em jogos digitais. *Revista Brasileira de Games*, 2(1), 45–58, 2020.
- Yannakakis, G. N.; & Togelius, J. (2018). *Artificial Intelligence and Games*. Springer, 2018.
- Kitchenham, B. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. Keele University and University of Durham, 2007. <https://www.researchgate.net/publication/302924724>.
- Lemos, M. L. H. D., Vieira, R. S. Tavares, A. R., Marcolino, L. S., & Chaimowicz, L. (2023). Scale-Invariant Reinforcement Learning in Real-Time Strategy Games. *Anais do SBGames 2023*. Disponível em: <https://github.com/marcelo-lemos/MicroRTS-Py>
- Lima, E. S. Feijó, B., Casanova, M. A. & Furtado, A. L. (2023). ChatGeppetto – An AI-powered Storyteller Based on Large Language Models and Semiotic Operations. *Anais do SBGames 2023*.
- Liu, X. (2023). The Application of Artificial Intelligence in FPS Games. *Proceedings of the 2023 International Conference on Machine Learning and Automation*. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/35/20230394>.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Editora da UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Silva, L. et al. (2021). Aplicações de Inteligência Artificial em jogos digitais: um estudo sobre jogabilidade adaptativa. *Revista Eletrônica de Computação Aplicada*, 19(1), 15–27, 2021.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, Elsevier. 104(C), 333-9. Doi: 10.1016/j.jbusres.2019.07.039.

Uludağlı, M.C.& Oğuz, K. (2023). Non-player character decision-making in computer games. *Artif Intell Rev* 56, 14159–14191 (2023). <https://doi-org.ez137.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10462-023-10491-7..>