



---

KEVIN LOPES NAGEM

## **APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM JOGOS DIGITAIS**

KEVIN LOPES NAGEM

## **APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM JOGOS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a  
obtenção do título de graduado em Ciências da  
Computação.

Orientador: BRUNO ROBERTO

**KEVIN LOPES NAGEM**

**APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM JOGOS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial  
para a obtenção do título de graduado em  
Ciências da Computação.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

---

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Belo Horizonte - MG, 20 de Novembro de 2022

NAGEM, Kevin Lopes. A Aplicação da Inteligência Artificial em Jogos Digitais. 2022. Número total de folhas 23. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte - MG, 2022.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para a aplicação da Inteligência Artificial nos jogos digitais e suas características visando uma melhor imersão do jogador, proporcionando-lhe novas experiências bem como um ambiente de melhor interação. Um dos responsáveis por essa interação são os personagens controlados pelo jogo (NPCs) que atuam de forma inteligente para trazer mais realidade no que tange ao seu comportamento. Desta forma apresentou-se o uso da IA no desenvolvimento como responsável por permitir uma experiência melhorada para o jogador. E, assim, admitiu-se as formas de sua utilização e possibilidades de implementação para o conhecimento dos novos profissionais. Para isto, primeiramente foi realizado um estudo sobre os conceitos necessários, os quais constituem toda a fundamentação teórica deste trabalho.

**Palavras-chave:** IA; NPCs; Jogabilidade; BTs; Experiência;

NAGEM, Kevin Lopes. A Aplicação da Inteligência Artificial em Jogos Digitais. 2022. Número total de folhas 23. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte - MG, 2022.

## ABSTRACT

The present work aims to present the methodology used for the application of Artificial Intelligence in digital games and its characteristics, aiming at a better player experience, providing new experiences with the intuitive aspect of providing a better interaction environment. One of those responsible for this interaction are the characters controlled by the game (NPCs) that operate intelligently to bring more reality in terms of their behavior. In this way, presenting the use of AI in development as responsible for bringing a greater experience to the player, it aims to assist new professionals as an introduction to its use and implementation possibilities. which constitute the entire theoretical foundation of this work.

**Keywords:** IA; NPCs; Jogabilidade; BTs; Experiência;

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	7
<b>2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL</b>	8
2.1 IA EM JOGOS DIGITAIS	12
<b>3 NPCs NOS JOGOS DIGITAIS</b>	14
3.1 DIFÍCULDADE CRESCENTE ATRAVÉS DO APRENDIZADO DE MÁQUINA	16
<b>4 COMPORTAMENTO DOS NPCs</b>	17
4.1 ÁRVORE DE COMPORTAMENTO DOS NPCs	18
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	21
<b>REFERÊNCIAS</b>	22

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de desenvolvimento de jogos sofreu uma constante evolução desde seu início e junto cresce seu destaque na área do entretenimento. Jogos que permitem o jogador imergir em suas histórias, gráficos e sua jogabilidade são os prováveis fatores que contribuíram para o aumento do seu público. Com base nessa grande evolução pode se notar uma significativa utilização da Inteligência Artificial no processo de desenvolvimento e melhora dos jogos atuais.

Um dos aspectos que influencia na experiência do jogador é o grau de desafio que o jogo oferece. Cada tipo de jogo possui formas próprias que caracterizam a sua dificuldade, mas, em jogos de ação, o principal fator é o comportamento dos Non-Player Characters (NPCs), especialmente quando o jogo os coloca contra o jogador, seja no decorrer da história para lhe mostrar um caminho ou até mesmo para desafia-lo como um chef de algum cenário específico. E para que se possa entender como a Inteligência Artificial tem sua importância nesse cenário, serão apresentadas suas diversas formas de aplicação.

Ainda que seja possível observar a melhoria nas ações dos NPCs em relação a jogos mais antigos, em boa parte dos jogos, os NPCs são previsíveis e possuem um número limitado de ações. Com a implementação da IA os jogos se tornam mais realistas com a tomada de decisões, permitindo assim uma melhor compreensão das ações tomadas pelos NPCs alterando a dificuldade dos jogos, criando um ambiente mais imersivo e desafiador.

Com base no início histórico da indústria de jogos digitais, os jogadores tinham aprendizados e experiências mais limitados devido à própria limitação dos jogos, onde os NPCs tinham ações padronizadas e robóticas, contudo não impedia a imersão e divertimento do usuário. E, como isso poderia ser melhorado? É aí que a Inteligência Artificial entra. Seguindo esse pensamento torna-se importante compreender: como os Games com Inteligência Artificial (IA) podem melhorar a experiência dos usuários?

Com isso serão apresentadas as formas de utilização da IA nos jogos digitais com foco no aprimoramento da experiência do jogador destacando os meios de utilização de IA em NPCs, identificando como é feita a sua utilização no jogo e apresentando como pode ser feita as escolhas dos NPCs através da Árvore de Comportamento.

Este trabalho constitui um estudo bibliográfico, que recorre aos dados secundários coletados em documentos disponíveis na Internet, livros publicados e periódicos científicos da área de estudo. O estudo utiliza dados sobre os métodos de aplicação da IA e sua importância na criação e desenvolvimento nos jogos digitais.

## 2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Na contemporaneidade o homem é designado como *Homo sapiens* - o homem sábio - porque suas capacidades mentais são muito importantes para si, para os outros e para o meio em que se encontra. Por milhares de anos, buscou-se entender como pensam. E, na atualidade um mero punhado de informações, independente da origem pode perceber, entender, prever e manipular um mundo muito maior e mais complicado do que o próprio homem. O campo da inteligência artificial, ou IA, vai ainda mais longe: ele tenta não apenas entender, mas também construir entidades inteligentes.

IA é uma das ciências mais recentes. O trabalho começou a sério logo após a 2ª Guerra Mundial, e o próprio nome foi criado em 1956. Junto com a biologia molecular, IA é regularmente citada como o "campo em que mais gostaria de estar" por cientistas de outras disciplinas. Um estudante de física poderia razoavelmente sentir que todas as boas ideias já foram tomadas por Galileu, Newton, Einstein, e o resto. A IA, por outro lado, ainda tem vagas para vários Einsteins em tempo integral.

A IA abrange uma enorme variedade de subcampos, desde áreas, como aprendizagem e percepção para tarefas tão específicas como jogar xadrez, provar teoremas matemáticos, escrever poesia e diagnosticar doenças. IA sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana. Nesse sentido, é verdadeiramente um campo universal.

Inteligência Artificial é um conceito que pertence à computação e consiste na capacidade que máquinas (físicas, softwares e outros sistemas) têm de interpretar dados externos, aprender a partir dessa interpretação, utilizar o aprendizado para resolver tarefas específicas e atingir objetivos determinados.

Em outras palavras, a Inteligência Artificial busca fazer com que as máquinas pensem como os seres humanos, ou seja, que possam analisar, raciocinar, aprender e decidir de maneira lógica e racional.

O termo “Inteligência Artificial” foi criado em 1956 por John McCarthy, que o definiu como “a ciência e engenharia capaz de construir máquinas inteligentes”. Apesar desta terminologia ser amplamente aceita, há ainda muita controvérsia

relacionada ao conceito de “inteligência”: se inteligência artificial é a inteligência aplicada às máquinas, o que é exatamente “inteligência”, independentemente dela estar associada ou não a seres vivos?

Como essa pergunta não pode ser respondida de forma satisfatória, a inteligência artificial é considerada uma ciência interdisciplinar, uma vez que é fruto da colaboração entre diferentes áreas do conhecimento, tais como psicologia, ciências da computação, matemática, estatística, linguística, física e engenharia.

A Inteligência Artificial é uma área de atividade de pesquisa relacionada à capacidade humana de raciocínio, à capacidade de resolver problemas, ao aprendizado e à criatividade. Seu objetivo é criar programas de computador que consigam realizar atividades inteligentes, ou seja, atividades que exijam um raciocínio complexo e uma solução inovadora. O desenvolvimento de programas de computador capazes de realizar tarefas inteligentes é difícil, pois a inteligência humana é uma habilidade complexa que ainda não foi devidamente compreendida.

A Inteligência Artificial pode ser dividida em três abordagens principais: a abordagem do conhecimento, a abordagem de aprendizagem e a abordagem de raciocínio. A abordagem do conhecimento é baseada no princípio de que a inteligência humana é baseada no conhecimento. A ideia é criar programas de computador que sejam capazes de armazenar e processar conhecimentos de forma eficiente. A abordagem de aprendizagem é baseada no princípio de que a inteligência humana é resultado do aprendizado. A ideia é criar programas de computador que sejam capazes de aprender com a experiência. A abordagem de raciocínio é baseada no princípio de que a inteligência humana é resultado do raciocínio. A ideia é criar programas de computador que sejam capazes de raciocinar de forma eficiente.

Em Russel & Norvig (2002) são entregues certas propostas para formalização do conceito de inteligência artificial e desta forma se pode analisar a constâncias de duas ideias relevantes sobre inteligência:

- 1) a capacidade de aprendizagem,
- 2) a manifestação de “comportamento inteligente”

A primeira ideia pode ser empregada a máquinas e a seres humanos. Mais ainda, pode inclusive ser empregada a animais, como cães que, adestrados por rotinas de treinamento, apresentam comportamentos que imitam certos aspectos do comportamento humano. Já a segunda ideia é mais dificilmente apropriado ao contexto por sua característica recursiva: como pode-se definir “comportamento inteligente” sem que o conceito de “inteligência” tenha sido definido? Uma possível solução é reescrever a definição de inteligência como sendo a capacidade de aprendizagem.

A inteligência é definida como a capacidade de aprendizagem. Aprendizagem é o processo pelo qual se adquire ou modifica um comportamento ao longo do tempo como resultado da experiência. Comportamento é qualquer manifestação de atividade de um indivíduo. Portanto, a inteligência é a capacidade de um indivíduo de aprender e se adaptar ao seu ambiente ao longo do tempo que, entre outras coisas, envolve a habilidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar de forma abstrata, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e aprender a partir de experiências”. Nesse sentido, é possível perceber a ampliação dos conceitos apresentados anteriormente, criando uma forte relação entre a inteligência e as capacidades, em sua maioria, predominantemente humanas.

Os teóricos Russel & Norvig (2002) afirmam que as definições de Inteligência Artificial são determinadas em duas dimensões: centrada nos seres humanos e a racionalista. A perspectiva centrada nos seres humanos se concentra em criar máquinas que emulem o comportamento, as capacidades intelectuais ou o entendimento humano. A perspectiva racionalista se concentra em envolver a combinação de matemática e engenharia, sendo sustentada por modelos formais. Os autores destacam, entretanto, que essa distinção não sugere que os humanos sejam irracionais, mas sim que não são perfeitos. Um exemplo apresentado pelos autores foi o fato de nem todos os humanos serem grandes enxadristas, até mesmo alguns que têm pleno conhecimento das regras do jogo.

Os autores Russel & Norvig descrevem ainda quatro sistemas de categorias de definições de Inteligência Artificial, relacionadas às dimensões anteriormente apresentadas:

- **Agem como humanos:** Nessa definição, um sistema é considerado inteligente quando age de forma semelhante a um ser humano, ou seja, quando consegue comunicar-se de forma natural e apresentar comportamentos de forma flexível. Como exemplo, podemos citar um chatbot, um assistente virtual que consegue interpretar o que o usuário está pedindo e responder de forma adequada.
- **Pensam como humanos:** nessa categoria estão as iniciativas em criar sistemas que tentam simular a capacidade de pensar dos seres humanos. Elas podem incluir iniciativas em inteligência artificial, robótica e interfaces de computador. Dessa forma, fica evidente a necessidade de se obter modelos teóricos sobre o funcionamento da mente humana para que, então, tais modelos possam ser adaptados ao contexto dos computadores.
- **Pensam racionalmente:** Nessa abordagem, considera-se que a mente trabalha através de leis do pensamento, isto é, premissas que permitem inferir conclusões corretas a respeito de fatos. O estudo deu início ao campo da lógica. Entretanto, essa abordagem traz consigo duas barreiras: primeiramente, não é simples transformar conhecimento informal em termos formais requeridos pela notação lógica, principalmente quando a informação não é totalmente certa; em segundo lugar, mesmo problemas com dezenas de fatos podem exigir processamento a ponto de exaurir os recursos computacionais caso não haja uma forma de estipular quais passos da argumentação devem ser tentados primeiro.
- **Agem racionalmente:** Nessa definição, um sistema de inteligência artificial é considerado racional se ele agir de acordo com os objetivos que lhe foram dados. Ou seja, um sistema racional de inteligência artificial deve ser capaz de tomar as melhores ações possíveis para atingir seus objetivos. trata-se da categoria de iniciativas que fazem uso de agentes, ou seja, programas com controle autônomo, capazes de perceber o ambiente e que se adaptarem a mudanças. Ao contrário dos sistemas que pensam racionalmente, que enfatizam inferências corretas, sistemas que agem racionalmente têm a vantagem de serem mais genéricos, pois a capacidade de inferir corretamente é apenas um dos possíveis mecanismos de alcançar racionalidade. Além disso, tal abordagem é mais favorável para o desenvolvimento científico do que as abordagens de

pensamento e ação humana, pois a racionalidade é mais claramente definida e completamente genérica. Nas seções que seguem procuraremos analisar diversos mecanismos tradicionalmente associados à inteligência artificial que estão presentes nos jogos digitais, destacando em que medida eles se encaixam nestes mecanismos.

## 2.1 IA em jogos digitais

Em trabalhos anteriores, Laird e Van Lent (2000) analisaram diferentes gêneros de jogos e os desafios de IA que cada um apresenta. Dentro de seu relatório, eles consideraram os seguintes tipos de jogos: ação, RPG, aventura, jogos de estratégia, jogos de deus, jogos esportivos individuais e coletivos. Além desses gêneros, pode-se considerar duas categorias adicionais, nomeadamente, drama interativo (MATEAS; STERN, 2003) e jogos educativos (RIEBER, 1996). Os dramas interativos têm um forte enredo por trás deles que o autor quer comunicar ao jogador, mas onde o jogador pode ter uma forte influência no enredo. Uma diferença fundamental com o gênero clássico de “aventura” é que as aventuras têm um enredo roteirizado, enquanto dramas interativos são mais abertos e se adaptam à interação do jogador à medida que a história se desenvolve. Jogos educativos têm um objetivo retórico adicional de ensinar algum conteúdo específico ao jogador.

Ao analisar a gama de aplicações possíveis da IA de jogos de computador para diferentes aplicativos e gêneros de jogos, foi possível identificar dois níveis diferentes em que a IA pode ser aplicada: 1) personagens individuais IA, com o objetivo de produzir mais comportamentos inteligentes ou críveis, e 2) uma IA global que vigia o jogo ou a interação jogo-jogador, influenciando os rumos que o jogo está tomando. Assim, pode-se falar sobre IA de nível de personagem e IA de nível de jogo a segunda sendo referida em alguns artigos como Gerente de Drama Nelson (2006) ou como Diretor MAGERKO (2004)).

Diferentes aplicativos e gêneros de jogos requerem uma mistura desses dois tipos de IAs. Por exemplo, os jogos de estratégia em tempo real dependem principalmente de uma IA no nível do jogo que controla todos os as unidades, enquanto os comportamentos das unidades individuais podem ser roteirizados.

Os jogos de interpretação de papéis, por outro lado, exigem IA de nível de personagem para fornecer uma experiência interessante ao jogador. Dramas interativos requerem uma mistura de ambos os tipos de IA: personagens individuais que são críveis e um gerente de drama que lidera o enredo guiando os personagens individuais a tomar ações que possam fazer o drama avançar. Os aplicativos educacionais de jogos também exigem uma IA no nível do jogo, semelhante ao drama manager, que monitora a interação do jogo à medida que ele se desenvola, facilitando ou complicando a tarefas de acordo com o nível de conhecimento do aluno, garantindo assim que o propósito educacional do jogo está sendo cumprido.

Cada gênero de jogo apresenta requisitos particulares para nível de personagem e nível de jogo AI. Por exemplo, jogos de deus geralmente exigem que a IA no nível do jogo resolva problemas de alocação de recursos e resolva problemas de estratégia de longo prazo, enquanto drama interativo requer que a IA no nível do jogo adapte o história de acordo com as interações do jogador de uma forma que é mais atraente para o jogador, assim, este último exige do usuário modelagem e planejamento de histórias. Além disso, aventuras, dramas interativos e outros gêneros com personagens incorporados geralmente exigem credibilidade e geração de linguagem natural.

A maioria dos jogos de computador de última geração envolve estratégias complexas (jogos de estratégia em tempo real) ou comportamentos críveis (dramas interativos).

Ambos os tipos de comportamentos compartilham a característica de ter enormes espaços de decisão e, portanto, tradicionais baseados em pesquisa As técnicas de IA não podem ser aplicadas. Técnicas de aprendizagem ou representações de nível superior são necessárias para lidar com tais jogos complexos. Tradicionalmente, os jogos de computador usam estratégias artesanais codificadas pelos desenvolvedores do jogo, mas essas tendem a ser repetitivas, e os jogadores facilmente encontram buracos e os exploram.

### 3 NPCs NOS JOGOS DIGITAIS

A sigla NPC é da frase do inglês “Non Playable Character” que significa “Personagem não jogável” são personagens presentes nos jogos que não podem ser controlados pelo jogador, mas habitam o mundo com maior ou menor importância. Em suma, qualquer pessoa andando pelas ruas de um jogo de mundo aberto pode ser considerado um NPC. Normalmente esses personagens são passivos à história, com comandos ou tarefas pré-determinadas como andar de ponto A ao ponto B, ou até mesmo apresentar diálogos com outros NPCs presentes na mesma cena. Alguns podem causar maiores impactos ao jogador e a história podendo exercer alguma interação com o jogador e obter dicas que permitem a descoberta de novos caminhos, desafios, compra ou venda de itens, completar missões ou até mesmo para apresentar ao jogador mais informações sobre a história do jogo ou do cenário em questão, tendo então se tornado um diferencial nos jogos modernos, com o desenvolvimento de jogos com cenários e gráficos extremamente elaborados, tem surgido a necessidade de criação de personagens cada vez mais realísticos.

NPCs são ferramentas indispensáveis para a criação de jogos e cada vez mais sofisticados, pois permitem uma interação mais realista com o jogador, tornando a experiência de jogo mais envolvente. Mesmo que seja bastante veiculado a jogos eletrônicos, o termo NPC tem origem anterior a essa mídia. O primeiro uso é associado ao RPG “Dungeons & Dragons”, onde o Mestre da sessão protagoniza personagens secundários que auxiliam o andamento da narrativa.

O primeiro jogo digital a utilizar NPC foi o jogo “Adventure”, lançado em 1979, onde o jogador tinha que caminhar por um labirinto e encontrar um tesouro e para sair do labirinto era necessário matar um dragão dourado. Os personagens que apareciam no cenário, não podiam ser controlados pelo jogador, porém eram extremamente importantes para a solução do jogo, dando dicas e interagindo com o jogador.

Os jogos com personagens controlados pelo computador tem se tornado cada vez mais populares, os gráficos e os cenários estão ficando cada vez mais realistas, o que aumenta a sensação de imersão do jogador. Além disso, a interação com os personagens não jogáveis está se tornando cada vez mais importante para o

desenvolvimento da história, e para a solução do jogo, o que torna a experiência do jogador cada vez mais envolvente.

Enquanto alguns videogames dependem apenas de NPCs com comportamentos roteirizados ou triviais, outros exigem NPCs com comportamentos dinâmicos, confiáveis e inteligentemente imprevisíveis para manter o jogador engajado e imerso na jogabilidade. Um fator importante à ser observado na criação de um personagem não-jogável eficaz é o fato de que o jogador deve se sentir estimulado por este de alguma forma, levando ao desenvolvimento de uma relação entre o jogador e o personagem, podendo até mesmo ocorrer o desenvolvimento de empatia deste para com o personagem.

Os NPCs também podem estar ligados a outros fatores como no balanceamento dinâmico de dificuldade de um jogo, podendo alterar a dificuldade visando evitar que o jogador se sinta frustrado com um jogo muito difícil, ou fique entediado com um jogo muito fácil (KOSTER, 2010). Desta forma os NPCs podem deixar um jogo mais difícil com a presença de ações "sobre-humanas", atitudes que podem ser consideradas inteligentes e desafiadoras, mas que não seriam normalmente possíveis de serem executadas por um jogador humano. Um exemplo disso poderia ser um NPC atirador com uma mira perfeita.

Muitos jogos fornecem valores para determinar a dificuldade. Esta proposta é para iniciantes e jogadores experientes poderem desfrutar de um desafio apropriado oferecido pelos jogos. Normalmente, parâmetros como resistência e a saúde influencia os adversários, raramente a tática. Desta forma, mesmo em nível de dificuldade adversários "difíceis" têm desempenho inferior, apesar da força e saúde é alta.

De acordo com Olesen et al (2008) jogos podem ser balanceado pelo fator elástico, comumente utilizado em jogos de corrida. Ou seja, o AI aumenta para exceder o nível do jogador, a partir disso será reduzido, dando equilíbrio ao jogo. Porém a partir do momento que o jogador percebe esse efeito, a jogabilidade pode ser comprometida e o jogo se torna previsível.

De acordo com Hunckle et al (2005); Chapman (2005) e Andrade e cols (2006), a configuração de dificuldade é encontrada muitas vezes nos jogos Online Massivamente Multiplayer, devido a seu tamanho e atributos de jogabilidade. Mas este balanceamento também podem ser aplicados a jogos de estratégia entre outros gêneros não só jogo de luta ou RPG

De acordo com Andrade (2005), o balanceamento dinâmico de dificuldade consiste em alterar parâmetros, cenários e/ou comportamentos durante o jogo de modo que o jogador se mantenha interessado em jogar do começo ao fim. Para que isso seja possível, esse processo de balanceamento dinâmico deve atender pelo menos três requisitos básicos. Primeiramente, o jogo deve identificar automaticamente o nível de habilidade que o jogador possui e se adaptar a ele o mais rápido possível. O segundo requisito consiste em acompanhar de perto as evoluções e regressões no desempenho do jogador, pois o jogo deve se manter sempre adequado a ele. E por fim, ao se adaptar, o comportamento do jogo deve se manter coerente ao estado anterior, já que a ideia principal desse processo é fazer com que o jogador não perceba que alterações na dificuldade estão sendo realizadas em tempo real.

### 3.1 Dificuldade crescente através do aprendizado da máquina

O aprendizado de máquina pode ser online e offline, o primeiro é mais eficiente porque o comportamento do agente se adapta mudanças ambientais. Mas o aprendizado de máquina em jogos raramente é usado devido ao seu alto risco. No entanto, redes neurais que são mais difíceis de implementar, acaba sendo mais comum.

No estudo de Machado (2010), demonstrou a vantagem de usar números algoritmo classificador (M5P) em atributos qualitativos. Quando os agentes são bem-sucedidos, novos atributos são gerados a partir de seus atributos básicos, esses novos recursos serão usado mais tarde.

Olesen (2008) provou que o uso da máquina aprendizagem adapta a estratégia e mantém a dinâmica equilíbrio no desafio do jogo. Para jogos em tempo real (RTS), as metodologias usadas para gerar oponentes da neuroevolução. Neste caso, um treinamento técnica off-line (NEAT) é capaz de combinar o desafio do agente de IA em relação às habilidades de um jogador.

Em contraste com Olesen (2008), a hipótese apresentado neste artigo, M5P, juntamente com Top A seleção do método pode garantir a adaptação da estratégia do jogador e o nível de dificuldade através um treinamento online.

#### **4. COMPORTAMENTO DOS NPCs**

O comportamento de um NPC é uma característica tão importante quanto o seu visual, pois se o visual é o que chama a atenção em um primeiro momento, o comportamento é que irá despertar um maior interesse do jogador pelo NPC. Para tornar o comportamento de um NPC interessante, várias técnicas de inteligência artificial são utilizadas.

“Muitas pesquisas iniciais de IA foram feitas utilizando-se jogos de tabuleiro comuns, como o xadrez, que possuem um conjunto bem definido de regras, facilitando a origem do espaço de busca. No entanto, jogos podem gerar espaços de busca extensos, o que exige o uso de técnicas de busca mais poderosas, mas não necessariamente livre de falhas, como a heurística ” (LUGER, 2004, p.75);

Comportamento pode ser visto como ações simples, tais como “virar a cabeça para a esquerda”, ou mais complexas, como objetivos definidos, tal como “vá ao banco mais próximo e saque dinheiro suficiente para comprar algo para comer” (MAGNENATTHALMANN, 2004, p. 261).

Dito isso a característica do NPCs se da através das respostas dependendo da escolha do jogador, desencadeando uma sequencia de respostas possíveis através das opções propostas ao jogador já pré-definidas, ou ate mesmo informações do cenário no qual o NPC ira interagir.

Na maioria dos jogos, os NPCs têm um comportamento completamente individual, pois agem considerando apenas o seu estado atual e/ou o estado atual do jogador. Em vez de dotar os NPCs de comportamentos individuais muito complexos, uma maneira viável de melhorar sua imprevisibilidade de maneira inteligente e confiável é permitir que eles se coordenem. Claramente, sempre que um jogador tem um encontro com muitos NPCs, quanto maior a quantidade de interações possíveis entre os NPCs, menor a chance de que o jogador preveja suas ações.

Quando se trata de desenvolver um NPCs, os designers de jogos visam melhorar a atmosfera do jogo sem distrair o jogador do enredo principal ou missões secundárias. Enquanto os aNPCs vagam predominantemente para produzir atmosfera por simplesmente estarem lá ou fornecerem pequenas oportunidades interativas, eles também podem desempenhar papéis maiores dentro do jogo, como atuar como fontes de equipamento ou lutar por ou contra jogadores. Independentemente disso, o padrão para um bom aNPC em um videogame continua

sendo sua capacidade de executar exatamente como programado, indo aonde indicado, atacando os inimigos corretos, e respondendo com diálogos roteirizados às escolhas do jogador, tudo sem interromper a experiência imersiva. aNPCs que agem fora desses limites corre o risco de ganhar a ira do jogador fazendo coisas como passar por objetos, ser pego em cantos, precisar repetidamente de resgate, ou simplesmente não avançar o enredo como pretendido. O número de comentários e blogs do YouTube que oferecem os 10/50/100 "Piores NPCs em listas de jogos de vídeo é uma prova da difusão natureza desses fenômenos (WATCHMOJO, 2014).

Talvez ainda mais lamentável do que erros absolutos são aNPCs deveriam ser interessantes/surpreendentes, mas no final das contas deixar o jogador desapontado porque podem ser chatos.

Considere a análise do PC Gamer de No Man's Sky, que oferece como veredicto, "64/100. Exploração relaxante e alguns cenários encantadores juntamente com sistemas repetitivos, frustrante menus e uma falta de descoberta real (LIVINGSTON, 2016). A análise completa deixa claro que a falta de descoberta é o problema intransponível do jogo, pois ele falhou em produzir qualquer coisa "fascinante" e, em vez disso, foi preenchido com um comportamento previsível desinteressante e pouca interação significativa do jogador durante a exploração. Para um jogo que, antes de tudo, é sobre descoberta, sobre jogadores surpreendentes com criaturas que ninguém jamais viu - os designers fizeram uso extensivo de geração processual em uma tentativa de oferecer aos jogadores novas experiências ao longo do jogo - tais críticas carregam um grande peso.

Ao invés de aceitar que a solução para produzir um NPCs que não são chatas ou quebradas são árvores de comportamento habilmente produzidas de complexidade cada vez maior, e sugerido uma metodologia alternativa ser explorada: evoluído artificial vida. Ao produzir modelos simples dos aNPCs para fazer o mundo do jogo e permitindo que eles reproduzam e morrer com mecanismos evolutivos no lugar, comportamentos que realmente trabalhados para o ambiente especificado podem ser produzidos, reduzindo a probabilidade de produzir NPCs quebrados.

#### 4.1 Árvore de comportamento dos NPCs

As árvores de comportamento, ou Behaviour Trees (BTs) são uma arquitetura de IA que fornece aos Non Player Characters (NPC) do jogo a capacidade de

selecionar comportamentos e executá-los, por meio de uma arquitetura semelhante a uma árvore que define operações lógicas simples, mas poderosas.

Os BTs se tornaram populares por seu paradigma de desenvolvimento: ser capaz de criar um comportamento complexo apenas programando as ações do NPC e, em seguida, projetando uma estrutura de árvore - geralmente por meio de arrastar e soltar - cujos nós de folha são ações e cujos nós internos determinam a tomada de decisão do NPC. Os BTs são visualmente intuitivos e fáceis de projetar, testar e depurar e fornecem mais modularidade, escalabilidade e reutilização do que outros métodos de criação de comportamento, como máquinas de estado finito. Em particular, os BTs se tornaram populares há mais de uma década, principalmente após sua aplicação bem-sucedida em videogames comerciais como Halo 2 (Isla, 2005, Microsoft Game Studios), Halo 3 (Isla, 2008, Microsoft Game Studios), Bioshock (2K Games, 2007), Spore (Champandard, Dunstan, 2012, Electronic Arts), entre outros. Alguns exemplos de títulos comerciais recentes que confirmaram o uso de BTs em seu desenvolvimento são Far Cry: Primal (Ubisoft, 2016a), Tom Clancy's The Division (Ubisoft, 2016b) e Just Cause 4 (Square Enix, 2018).

Seguindo sua popularidade na indústria, os BTs também começaram a receber atenção na pesquisa acadêmica. Os autores Johansson & Dell'Acqua (2012) apresentaram um novo tipo de nó para BTs que utiliza as emoções do NPC para tomada de decisão. Em particular, este nó leva em consideração três fatores (desconto de tempo, percepção de risco e planejamento) para alterar a prioridade de execução de seus filhos. Em Shoulson, Garcia, Jones, Mead, & Badler (2011), foi proposto um método para melhorar a flexibilidade da passagem de parâmetros em BTs. Em (LIM; BAUMGARTEN; COLTON, 2010), um processo de aprendizado iterativo foi usado para desenvolver diferentes BTs para desenvolver um jogador controlado por IA para o jogo comercial de estratégia em tempo real DEFCON. Em (Flórez-Puga, Gomez-Martin, Gomez-Martin, Díaz-Agudo, & González-Calero, 2009), os autores aplicam técnicas de raciocínio baseado em casos para recuperar e reutilizar BTs armazenados para construir dinamicamente um BT de NPC em tempo de execução, levando em consideração conta o estado e os objetivos do mundo. Em (COLLEDANCHISE, PARASURAMAN, OGREN, 2018), os autores propõem uma estrutura de planejador automatizado sem modelo usando programação genética que pode gerar um BT ideal para um agente autônomo atingir um objetivo em um

ambiente totalmente observável. A pesquisa sobre BTs tem sido relevante não apenas para IA de videogame, mas também em outros campos, como robótica Colledanchise, Marzinotto, Smith, Ögren, (2014), semi-cirurgia autônoma Hu, Gong, Hannaford, & Seibel (2015), entre outros.

Ao longo dos anos, as diversas implementações de BTs foram melhorando tanto em eficiência quanto em capacidades para satisfazer as demandas da indústria (CHAMPADARD; DUNSTAN, 2012) até que evoluíram para árvores de comportamento orientadas a eventos (EDBTs). Os EDBTs resolveram alguns problemas de escalabilidade dos BTs clássicos, alterando a maneira como a árvore lida internamente com sua execução e introduzindo um novo tipo de nó que pode reagir a eventos e abortar os nós em execução. Atualmente, o conceito de EDBT é um padrão (embora ainda sejam chamados de “árvores de comportamento” para simplificar) e até mesmo os dois mecanismos de desenvolvimento de jogos mais populares fornecem implementações de EDBT.

Aproveitando sua orientação a eventos, e citado três novos tipos de nós, chamados nós de coordenação, que facilitam o design e a implementação de NPCs que podem se coordenar entre si por meio de um protocolo de solicitação. Esses nós não fornecem mais “poder expressivo” em termos de comportamentos coordenados que poderiam ser criados usando EDBTs regulares. No entanto, dado que os EDBTs (e BTs) se concentram na criação de comportamentos individuais, hoje em dia os comportamentos coordenados tendem a ser alcançados codificando a própria coordenação de maneira obscura. Por exemplo, uma das técnicas mais comuns para coordenar vários NPCs é colocar um nó em cada EDBT que chama repetidamente um procedimento ad hoc codificado que resolve o problema de coordenação usando uma estrutura compartilhada que pode ser acessada e modificada simultaneamente. No entanto, não apenas este tipo de solução vai contra o paradigma de desenvolvimento de árvores de comportamento, ou seja, programando apenas as ações dos NPCs e desenhando uma estrutura em árvore que determina sua tomada de decisão. Mas, também, afasta parcialmente alguns dos benefícios que os popularizaram: serem visualmente intuitivos, escaláveis e reutilizáveis.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho constitui um estudo bibliográfico, que recorre a dados secundários coletados em documentos disponíveis na internet, livros publicados e periódicos científicos da área de estudo. O estudo utiliza de dados sobre os métodos de aplicação da IA e sua importância na criação e desenvolvimento nos jogos digitais.

A pesquisa é descritiva onde é feito um estudo preliminar de análise de aplicação das formas e meios de utilização da AI na criação dos NPCs, onde será abordado assuntos que façam com que o leitor possa entender e se familiarizar com a aplicação investigada de modo que tal pesquisa possa ser concebida com maior compreensão e precisão.

A partir dessa pesquisa foi possível compreender a importância da utilização da IA no desenvolvimento de NPCs e sua aplicação na criação de cenários, que permite melhor percepção e entendimento dos dados levantados para melhor contextualização, para o estudo.

E, possibilitou identificar a utilização da inteligência artificial para o desenvolvimento dos jogos digitais e também sua aplicação para uma maior imersão com o intuito de trazer uma experiência ao usuário, tendo como finalidade auxiliar os novos profissionais acerca de sua utilização, bem como erigir as possibilidades de implementação da IA em NPCs nos jogos digitais.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANDRADE, G. CORRUBLE, V., RAMALHO, G. L.. **Dynamic Game Balancing: An Evaluation of User Satisfaction.** In: Second Annual Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference, 2006.
- [2] Andrade, G.; Ramalho, G.; Santana, H. & Corruble, V. (2005). **Extending reinforcement learning to provide dynamic game balancing.** Em Proceedings of the Workshop on Reasoning, Representation, and Learning in Computer Games, 19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), pp. 7--12.
- [3] Champandard & Dunstan, 2012. **The behavior tree starter kit.** Game AI Pro: Collected Wisdom of Game AI Professionals (2012)
- [4] Colledanchise, Parasuraman, & Ogren, 2018. **Learning of Behavior Trees for Autonomous Agents.** IEEE Transactions on Games (2018)
- [5] Colledanchise, Marzinotto, Smith, Ögren, 2014. **How behavior trees modularize robustness and safety in hybrid systems.** 2014 ieee/rsj international conference on
- [6] Flórez-Puga, Gomez-Martin, Gomez-Martin, Díaz-Agudo, & González-Calero, 2009. **Combining Expert Knowledge and Learning from Demonstration in Real-Time Strategy Games.**
- [7] Hu, Gong, Hannaford, & Seibel, 2015. **Semi-autonomous simulated brain tumor ablation with Ravenii surgical robot using behavior tree.** Robotics and automation (icra), 2015 ieee international conference on (2015)
- [8] HUNICKE R., CHAPMAN V. “**AI for Dynamic Difficulty Adjustment in Games**” In ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, 2005.
- [9] Johansson & Dell'Acqua, 2012, **Árvores de comportamento emocional.** 2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)
- [10] Koster, R. (2010). **Theory of fun for game design.** O'Reilly Media, Inc.
- [11] Laird, J. E., and van Lent, M. 2000. **Human-level AI's killer application: Interactive computer games.** In AAAI 2000, 1171–1178.
- [12] Lim, Baumgarten e Colton, 2010. **Evolving Behaviour Trees for the Commercial Game DEFCON.**
- [13] Livingston, C. 2016. **Revisão de No Man's Sky.** Jogador de PC
- [14] LUEBKE, D., REDDY, M., COHEN D. J., VARSHNEY, A., WATSON, B., HUEBNER, R., 2002. **Nível de detalhe para gráficos 3D.** Editora Morgan Kaufman, 2002.

- [15] LUGER, George F. **Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a resolução de problemas complexos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 774 p, il. Tradução de: Artificial intelligence : structures and strategies for complex problem solving.
- [16] Magerko, B.; Laird, J.; Assanie, M.; Kerfoot, A.; e Stokes, D. 2004. **Personagens e diretores de IA para jogos de computador**. Anais do Inovative 2004 Aplicações da Conferência de Inteligência Artificial.
- [17] Mateas, M., e Stern, A. 2002. **Uma linguagem comportamental para agentes críveis baseados em histórias**. Sistemas inteligentes IEEE e suas aplicações 17(4):39–47.
- [18] Mateas, M., e Stern, A. 2003. **Integrando enredo, personagem, e processamento de linguagem natural no drama interativo fachada**. Anais da 1<sup>a</sup> Conferência Internacional sobre Tecnologias para Narrativas Digitais Interativas e Entretenimento.
- [19] Nelson, M.; Roberts, D.; Isbell, C.; e Mateas, M. 2006. **Aprendizado por reforço para baseado em otimização declarativa gestão dramática**. Em AAMAS 2006, 775-782.
- [20] OLESEN, J., YANNAKAKIS, G., HALLAM, J.,. **Real-time challenge balance in an RTS game using rtNEAT**. In: IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games, Perth, Australia. 2008.
- [21] Rieber, L. P. 1996. **Pensando seriamente em brincar: Projetando ambientes de aprendizagem interativos baseados na mistura de micromundos, simulações e jogos**. Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Educacional 44(2):43–58
- [22] Russell, S., **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, Prentice Hall, 2a edição, 2002, ISBN-10: 0137903952
- [23] Shoulson, Garcia, Jones, Mead, & Badler, 2011, **Parameterizing Behavior Trees**.
- [24] WatchMojo. 2014. **Os 10 melhores vídeo games com a pior IA..** <https://youtu.be/mYhNvOg5yJ0>.