

Agentes e sistemas multiagente na indústria de videojogos online

Agentes e Sistemas Multiagente, Mestrado em Engenharia Informática, Escola de Engenharia - Universidade do Minho

Abstract. Este trabalho de investigação examina o papel de agentes e sistemas multiagente na indústria de videojogos multijogador online e como estes podem ser benéficos para a experiência do utilizador e para a eficiência dos videojogos. Para alcançar este objetivo, foi efetuada uma extensa pesquisa sobre este tópico, desde a procura de exemplos da utilização de agentes em jogos, a projetos nesta área para obter uma melhor compreensão do impacto destas tecnologias na indústria dos videojogos online. Ao longo deste estudo foi possível obter uma visão abrangente do grau de importância e o papel que agentes e sistemas multiagente desempenham neste domínio. Em resumo, a análise aprofundada apresentada neste trabalho de investigação destaca o impacto significativo que agentes e sistemas multiagente têm na indústria de jogos online, as suas vantagens e desvantagens, e como a sua utilização pode ter influência na experiência do utilizador e na eficiência dos videojogos online.

Keywords: Videojogos online · Agentes inteligentes · NPC · Agentes e sistemas multiagente.

1 Introdução

Os videojogos online tornaram-se numa das indústrias que mais cresceu nos últimos anos, com milhões de jogadores em todo o mundo a desfrutarem de experiências de jogo cada vez mais imersivas e envolventes. Para acompanhar as exigências dos jogadores, esta indústria tem investido significativamente em tecnologias avançadas, como agentes e sistemas multiagente, que têm o potencial para melhorar ainda mais a experiência do utilizador nos mais variados videojogos.

Nesse sentido, este trabalho de investigação tem como objetivo analisar o papel de agentes inteligentes na indústria de videojogos online multijogador e cooperativos, bem como investigar as vantagens e desvantagens do seu uso nesta área.

Assim sendo, numa fase inicial foram realizadas pesquisas com o intuito de conhecer e perceber como alguns jogos utilizam agentes e sistemas multiagente. Primeiramente, foi efetuada uma recolha de informações sobre os mesmos e de que forma os utilizavam. De seguida, foram explorados projetos na área que estudassem a utilização destas ferramentas em videojogos online. Por fim, serão apresentadas implementações reais desta tecnologia nesta indústria, projetos

relacionados com o tema e algumas reflexões com o intuito de maximizar as vantagens e minimizar os potenciais riscos na aplicação dos mesmos.

2 Definição do domínio de investigação

A definição do domínio de investigação é uma etapa fundamental na realização de qualquer estudo científico. No contexto deste trabalho, o domínio de investigação é o campo de agentes e sistemas multiagentes na indústria dos videojogos online.

2.1 Videojogos online

Os videojogos online são jogos que permitem aos jogadores interagirem com outros jogadores em tempo real através da internet, sem que ambos precisem de estar no mesmo ambiente. Eles possuem uma grande variedade de géneros, desde jogos de ação até jogos de simulação, e estão disponíveis em várias plataformas, desde computadores até consolas de jogos.

2.2 Agentes e sistemas multiagentes

Um agente é um sistema computacional autónomo que é capaz de agir num ambiente e tomar decisões com base nos seus objetivos e na informação disponível que existe no momento. Um sistema multiagente é um conjunto de agentes que interagem entre si e com o ambiente para alcançar um objetivo, sendo este partilhado pelos agentes ou individual.

Embora existam muitas definições diferentes para agentes e sistemas multiagente, uma definição comum é a do modelo de agente, proposta por Wooldridge e Jennings em 1995 [1]. De acordo com este modelo, um agente é um sistema computacional que é capaz de perceber o ambiente onde está inserido, processar informações, tomar decisões e agir para alcançar os seus objetivos.

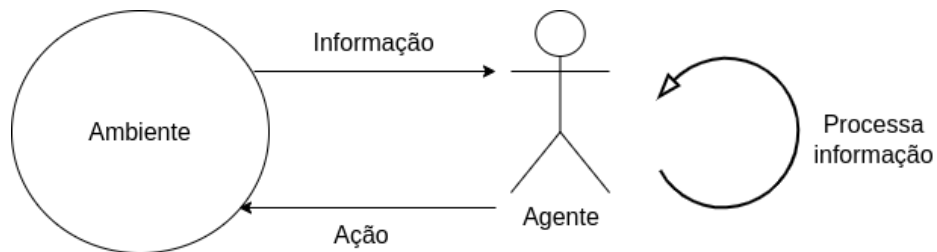


Fig. 1. Modelo de agente proposto por Wooldridge e Jennings [1].

Um agente é algo que age e que tem a capacidade de produzir um efeito, sendo que este possui sensores e atuadores, que lhe permitem perceber o ambiente onde

está inserido e atuar consoante esta informação. Assim, agentes inteligentes têm a capacidade de "perceber, raciocinar, atuar e comunicar" [2].

Os agentes presentes num sistema multiagente podem ter diferentes habilidades, conhecimentos e objetivos, mas trabalham em conjunto para coordenar as suas ações e alcançar um resultado desejado.

Os agentes e sistemas multiagente são utilizados numa ampla variedade de aplicações, incluindo videojogos, robótica, inteligência artificial, ciências sociais e economia. Oferecem uma forma poderosa de modelar sistemas complexos e lidar com problemas que seriam difíceis ou até impossíveis de resolver com abordagens tradicionais.

Enquadrando esta tecnologia na indústria dos videojogos, é possível deduzir que os agentes e sistemas multiagente são elementos fundamentais na conceção e desenvolvimento de videojogos online. Eles são responsáveis pela criação de um ambiente dinâmico e interativo, no qual os jogadores podem interagir uns com os outros e com o próprio jogo.

3 Análise de estado de arte

A indústria de videojogos online cresceu exponencialmente nos últimos anos, com títulos como Fortnite, League of Legends e Minecraft [3–5] atraindo milhões de jogadores por todo o mundo. Nesse sentido, procuramos explorar a evolução de agentes inteligentes nos videojogos ao longo dos anos e abordar a utilização deste tipo de tecnologia em títulos atuais.

3.1 História de agentes inteligentes em jogos online

A inteligência artificial é um campo de grande interesse em várias áreas, sendo que na indústria dos videojogos está presente desde o início, em jogos como *Nim* (1951) e *Pong* (1972) [7, 8]. Tem sido usada em vários aspetos do desenvolvimento de jogos, desde a criação de personagens e ambientes até à otimização de desempenho. No entanto, o ramo de agentes inteligentes não esteve inicialmente presente na indústria dos videojogos, e só começou a ser aplicado em jogos mais tarde. Antes da introdução de agentes inteligentes, muitos jogos de gestão e estratégia dependiam de recursos como menus e sistemas de *feedback* simples para oferecer ao jogador informações sobre o estado do jogo. Os jogadores eram responsáveis por tomar todas as decisões e a experiência de jogo podia ser limitada em termos de realismo e imersão.

A história dos agentes e sistemas multiagente em videojogos é relativamente recente, mas tem crescido em importância com o passar dos anos. O uso de agentes em jogos começou a ganhar popularidade na década de 1990, quando jogos como *SimCity* (1989) e *Civilization* (1991) [9, 10] começaram a incluir agentes inteligentes para ajudar os jogadores a gerir os seus mundos virtuais. Com a introdução de agentes inteligentes, os jogadores tiveram acesso a uma gama mais ampla de informações e sugestões úteis, tornando a experiência de jogo mais envolvente e realista. Estes agentes foram capazes de simular comportamentos

humanos e ajudar os jogadores a tomar decisões informadas sobre como gerir os seus mundos virtuais. Isto permitiu que os jogadores se concentrassem mais em aspetos específicos do jogo, visto que deixavam as tarefas mais rotineiras para os agentes, o que resultou numa experiência mais dinâmica e interessante, além de oferecer uma sensação de imersão e realismo que antes não era possível.

A partir dos anos 2000, com o aparecimento de jogos multijogador online, o uso deste tipo de agentes em videojogos começou a ser mais comum. Jogos como *World of Warcraft* (2004) e *Eve Online* (2003) [6, 11] começaram a incluir sistemas de inteligência artificial que permitiam aos jogadores interagir com personagens não jogáveis (NPCs) que agiam como agentes autónomos.

Com o tempo, os videojogos online tornaram-se cada vez mais complexos e dinâmicos, o que levou a um aumento na necessidade de agentes e sistemas multiagente mais avançados. Hoje em dia, muitos jogos online incluem sistemas de agentes inteligentes sofisticados que permitem aos jogadores interagir com NPCs que podem aprender e adaptar-se ao comportamento do jogador. Alguns exemplos deste tipo de jogos são: *Dota 2* (2013) e *League of Legends* (2009) [12, 4], que incluem agentes inteligentes que podem jogar contra jogadores humanos em partidas competitivas.

Em resumo, a história dos agentes e sistemas multiagente em jogos online é relativamente curta, mas tem crescido em importância com o tempo. Com os avanços na tecnologia de inteligência artificial, espera-se que o uso de agentes em videojogos online se continue a expandir e evoluir nas próximas décadas.

3.2 Exemplos da utilização de agentes inteligentes em videojogos online

Os videojogos online têm-se tornado cada vez mais populares nos últimos anos, atraindo milhões de jogadores por todo o mundo. À medida que o número de jogadores cresce, aumenta também a complexidade dos jogos, levando à necessidade de sistemas de inteligência artificial (IA) mais sofisticados para controlar personagens não jogáveis (NPCs) e elementos do jogo. Os agentes e sistemas multiagente surgiram como uma solução promissora para este problema, oferecendo uma forma de criar agentes de jogo inteligentes e adaptáveis que possam interagir com outros agentes e jogadores humanos, num ambiente dinâmico e imprevisível.

Existem diferentes géneros de jogos, cada um com capacidade para suportar diversos tipos de personagens que populam o ambiente desses jogos. Alguns tipos de jogos mais comuns são: MMORPG (*Massively Multiplayer Online Role-Playing Game*), MOBA (*Multiplayer Online Battle Arena*), RPG (*Role-Playing Game*), FPS (*First-Person Shooter*), entre outros.

Muitos videojogos online utilizam agora agentes inteligentes para proporcionar aos jogadores uma experiência de jogo mais envolvente. Estes sistemas podem assumir uma variedade de papéis, desde o controlo do comportamento dos NPCs até à gestão da economia e das interações sociais do jogo.

Este trabalho de investigação aborda dois tipos de videojogos acima referidos: o MMORPG e o MOBA, correspondendo ao *World of Warcraft* e ao *League of Legends*, respetivamente.

MMORPG (*World of Warcraft*) Quanto aos MMORPG, um exemplo de um jogo que utiliza agentes inteligentes é o título *World of Warcraft* (WoW) [6], um jogo de *role-playing* online multijogador em massa, lançado em 2004. Este tipo de jogos geralmente tem um mundo virtual persistente que continua a existir e evoluir mesmo quando os jogadores não estão conectados. Os jogadores criam personagens e assumem um papel dentro do mundo do jogo, interagindo com outros jogadores e NPCs para completar missões, adquirir itens, evoluir habilidades e explorar o mundo virtual. É considerado o MMORPG mais popular do mundo, tendo chegado a ter 11 milhões de jogadores ativos no ano de 2010. No WoW, o mundo do jogo é povoado por uma variedade de NPCs, incluindo monstros, vendedores e fornecedores de missões.

Os agentes em WoW baseiam-se numa arquitetura hierárquica, com agentes em vários níveis, desde individual, grupo e global. Os agentes a nível individual controlam o comportamento de NPCs individuais, enquanto os agentes a nível de grupo coordenam as ações de múltiplos NPCs para criar comportamentos complexos e coordenados. Os agentes a nível global gerem o estado geral do mundo do jogo, assegurando que o jogo continua a ser desafiante e envolvente para os jogadores.

Neste jogo, os NPCs individuais são programados para seguir um conjunto de comportamentos específicos em resposta às ações dos jogadores. Por exemplo, um NPC de venda pode oferecer ao jogador uma lista de itens disponíveis para compra de acordo com o contexto em que o jogador se encontra (nível, classe, entre outros). Já um NPC que oferece uma missão, pode esperar que o jogador interaja com ele e lhe ofereça uma missão adequada ao seu nível. Outros exemplos de NPCs permitem treinar habilidades e até oferecer informações importantes ao jogador. O uso dos mesmos é essencial para fornecer uma experiência de jogo rica e imersiva para os jogadores, pois adicionam profundidade ao mundo do jogo e ajudam a criar uma sensação de interação social e realismo. Além disso, também podem ser programados para tomar decisões baseadas em informações específicas do jogo, como a localização do jogador, o nível de habilidade do jogador e as escolhas de diálogo do jogador. Estes NPCs podem ajudar a moldar a experiência de jogo do jogador de maneira personalizada, oferecendo desafios ou recompensas que se adequem ao estilo de jogo individual de cada jogador.

Um exemplo de agentes de grupo em WoW, são os NPCs inimigos, que atuam como oponentes que os jogadores precisam derrotar para progredir no jogo. Estes NPCs podem trabalhar em conjunto para atacar os jogadores ou defender um território específico, sendo que são programados para usar táticas específicas em resposta às ações dos jogadores.

No WoW, os agentes a nível global estão presentes, por exemplo, no equilíbrio das equipas em *raids* e no controlo do mercado do mesmo. As equipas escolhidas para uma *raid* são equilibradas de acordo com vários fatores, como por exemplo

o nível de experiência e a classe dos jogadores presentes, sendo que existem agentes que controlam este *matchmaking*. Outro exemplo da utilização de agentes inteligentes é evidenciada no controlo da oferta e da procura dos itens presentes no mercado e por manter os preços equilibrados.

De forma geral, os agentes inteligentes presentes em *World of Warcraft* ajudam a criar coesão e a melhorar a experiência e a imersão do jogador no mundo virtual. A utilização destes agentes é de grande importância, visto que o jogo depende destes para controlar os NPCs individuais e até mesmo aspetos essenciais no equilíbrio do mundo do jogo, como o mercado de itens.

MOBA (League of Legends) Seguidamente, quanto ao estilo de jogos MOBA, um dos videojogos mais conhecido e jogado é o *League of Legends* (LoL) [4], lançado em 2009. Este jogo consiste num mapa povoado por duas equipas de cinco jogadores cada, e cada jogador controla um campeão com habilidades e características únicas. O campeão é um tipo de personagem que poderá ser utilizada tanto pelo utilizador como pelos seus adversários (o que incluirá adversários controlados por agentes). O jogo inclui também lacaios controlados por computador, mais conhecidos por *minions*, que nascem periodicamente e deslocam-se em direção à base da equipa adversária, com o objetivo de a destruir a mesma, sendo que a primeira equipa a destruir a base inimiga vence o jogo.

Tal como no caso de WoW, o LoL também possui agentes em vários níveis. Os NPCs individuais do LoL são controlados por agentes individuais, sendo que esses agentes controlam o comportamento do campeão com base em vários fatores, como a localização do inimigo, a vida do campeão e o nível das suas habilidades. Por exemplo, se um campeão inimigo estiver a atacar um aliado próximo, o agente aliado pode decidir que necessita de utilizar habilidades de cura para ajudar o aliado a sobreviver. Se o agente estiver cercado por inimigos e com pouca vida, pode decidir que a melhor opção é fugir e retornar mais tarde quando estiver em melhores condições.

Os agentes a nível de grupo são os *minions*, que são unidades controladas pelo computador que seguem um caminho pré-determinado em direção à base inimiga. Estes NPCs têm como objetivo destruir as torres inimigas, limpar o caminho para os campeões controlados pelos jogadores e, por fim, destruir a base inimiga. Os agentes de grupo trabalham juntos para coordenar o comportamento dos *minions*, de forma a que eles avancem em grupos e ataquem juntos. Estes agentes têm a capacidade de, por exemplo, identificar quando é que devem atacar os campeões inimigos ao invés dos *minions* inimigos. O uso de NPCs a nível de grupo no LoL é importante, visto que permite que os jogadores se possam concentrar nas ações do seu próprio personagem, enquanto os minions continuam a avançar em direção à base inimiga. Os agentes de grupo ajudam a tornar os *minions* mais eficazes em combate e aumentam o desafio geral do jogo.

Tal como no WoW, um exemplo de agentes globais no LoL é o sistema de *matchmaking*, que é responsável por emparelhar jogadores em partidas com base em vários fatores, como a sua habilidade, nível de experiência e histórico de

vitórias e derrotas. O sistema de *matchmaking* usa um sistema multiagente para tomar decisões sobre os emparelhamentos de jogadores, com vários componentes que trabalham juntos para fornecer a melhor experiência possível para os jogadores.

Um dos principais desafios na conceção de um agente inteligente para jogos MOBA é lidar com a natureza em tempo real da jogabilidade do jogo. Os agentes devem ser capazes de reagir rapidamente às mudanças no mundo do jogo e adaptar o seu comportamento em conformidade. Para o conseguir, os agentes em jogos MOBA são tipicamente implementados utilizando técnicas de computação distribuída, de forma a que os agentes se possam comunicar e coordenar uns com os outros em tempo real.

4 Projetos relacionados com agentes inteligentes em jogos online

Este capítulo, explora o uso de agentes inteligentes em jogos online, apresentando alguns projetos de destaque na área: a arquitetura SOAR, o jogo NERO e a ferramenta *Pogamut*. A arquitetura SOAR tem sido amplamente utilizada na criação de agentes individuais e de grupo para jogos online. Quanto ao *Pogamut*, esta é uma ferramenta de desenvolvimento de jogos que permite aos programadores criar e controlar agentes em tempo real, enquanto que o projeto NERO, consiste num jogo onde é possível controlar agentes inteligentes. Através da análise destes projetos, é possível ver como a inteligência artificial tem impactado a indústria dos videojogos online e como o uso de agentes inteligentes é importante para a mesma.

4.1 SOAR

A arquitetura SOAR (1983) [13, 14] é um projeto desenvolvido por John Laird, Allen Newell e Paul Rosenbloom na Universidade de Michigan, nos Estados Unidos, sendo que este projeto ainda é atualmente mantido por John Laird. SOAR (estado, operador e resultado) é uma abordagem de inteligência artificial que é cada vez mais usada na indústria dos videojogos para melhorar a jogabilidade e a experiência do jogador, a partir da criação de agente inteligentes. É um modelo de tomada de decisão que permite que personagens controladas pelo computador ajam de forma mais autónoma e inteligente.

Um elemento-chave deste projeto é a criação de um mecanismo versátil de inteligência artificial que pode ser utilizado em diferentes jogos. Isto economiza tempo aos programadores, pois assim apenas precisam de adaptar o mecanismo de IA às necessidades específicas de cada jogo. Toda a inteligência usada pelos agentes no jogo reside no mecanismo de inteligência artificial. Estes mecanismos devem oferecer suporte a vários tipos de agentes, desde agentes reativos, específicos do contexto, flexíveis e realistas. Além disso, um requisito adicional é que o mecanismo de IA permita um desenvolvimento mais fácil dos agentes.

A partir da perspectiva de desenvolvimento de jogos, o objetivo principal do projeto Soar/Games é aumentar a diversão e imersão dos jogos através da criação de agentes mais inteligentes. Com uma implementação bem sucedida, jogar com ou contra estes agentes de inteligência artificial, trará uma experiência mais próxima do desafio de jogar online contra outras pessoas. Com uma arquitetura de inteligência artificial flexível, como o SOAR, o desenvolvimento de agentes inteligentes para jogos é facilitado, pois fornece um mecanismo de inferência comum e uma base de conhecimento reutilizável que pode ser aplicada em diversos jogos diferentes.

A arquitetura SOAR funciona através da divisão das decisões em três partes: estado, operador e resultado. Estado refere-se às informações do ambiente do jogo que uma personagem controlada pelo computador pode perceber. Os operadores são as ações que um ator executa em resposta a um estado. O resultado é o efeito dessa ação no ambiente do jogo. Ao dividir a tomada de decisão em três partes, a arquitetura SOAR permite que as personagens controladas pelo computador tomem decisões mais complexas e sofisticadas.

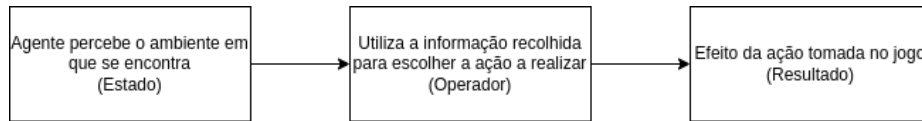


Fig. 2. Tomada de decisão de acordo com a arquitetura SOAR

Esta arquitetura apresenta várias vantagens. Uma das principais é a flexibilidade que possui. SOAR é altamente flexível, permitindo que os programadores criem agentes com diferentes níveis de inteligência e habilidades. Outra vantagem é a adaptabilidade. Os agentes baseados na arquitetura são altamente adaptáveis, podendo mudar o seu comportamento em tempo real para se adequar a novas situações. Reusabilidade, é outra grande vantagem, visto que a arquitetura fornece uma base de conhecimento reutilizável e um mecanismo de inferência comum, o que facilita a criação de novos agentes e sua adaptação para diferentes jogos.

No entanto, também existem algumas desvantagens, nomeadamente a complexidade. Esta arquitetura é altamente complexa e pode ser difícil de entender para os desenvolvedores que não têm experiência em inteligência artificial. Outra desvantagem são os requisitos de processamento. Os agentes que utilizem a arquitetura SOAR podem ser muito exigente em termos de processamento e memória, o que pode ser um problema para jogos que precisam de ser executados em dispositivos com recursos limitados.

A arquitetura SOAR pode ser utilizada para criar agentes que sejam capazes de jogar jogos de tabuleiro tradicionais, tal como pode ser utilizada para a criação de agentes para jogos como o *Minecraft* e *Unreal Tournament* [5, 15], sendo estes exemplos de videojogos online onde esta arquitetura foi utilizada. Existe também

o exemplo da *RoboCup* [16], que consiste numa competição de futebol de robôs que utilizam a arquitetura SOAR para criar agentes inteligentes que consigam jogar futebol, o que mostra que esta arquitetura não se aplica apenas à criação de agentes inteligentes para videojogos online e pode ter influência noutras áreas onde são utilizados agentes.

4.2 *Pogamut*

Pogamut 3 [17, 18] é uma plataforma de desenvolvimento de agentes para jogos eletrónicos, mais concretamente para jogos de tiro em primeira pessoa (FPS). É baseada na linguagem de programação *Java* e permite que os programadores criem agentes inteligentes que possam jogar de forma autónoma em ambientes virtuais de vários motores de jogo.

Programar um agente inteligente consiste em desenvolver um programa que possa tomar decisões autónomas para atingir um objetivo específico. Um agente inteligente tem de ser capaz de perceber o seu ambiente, tomar decisões com base nessa percepção e agir para alcançar os seus objetivos. Em jogos eletrónicos, este pode ser utilizado para jogar contra outros jogadores, para controlar personagens não-jogáveis (NPCs), entre outros.

O processo de criação de um agente inteligente é complexo e envolve várias etapas, incluindo a modelação do ambiente, a definição de objetivos e comportamentos, o desenvolvimento de algoritmos de tomada de decisão e a implementação do agente no jogo. A plataforma *Pogamut* simplifica esse processo, visto que fornece uma interface gráfica amigável e ferramentas de programação que permitem aos utilizadores criar e modificar agentes inteligentes de forma facilitada. A plataforma também oferece recursos avançados, como simulação de jogos e testes de desempenho, que ajudam a avaliar a eficácia do agente em diferentes situações de jogo.

A primeira versão desta plataforma surgiu no ano de 1999, sendo uma biblioteca da linguagem de programação *Python* que trabalhava com o videojogo *Unreal Tournament 1999*, com o objetivo de criar agentes inteligentes. A plataforma passou por várias atualizações e melhorias ao longo dos anos, com a adição de recursos e ferramentas que facilitaram o processo de criação de agentes inteligentes complexos para videojogos. O *Pogamut* pode ser utilizado em jogos eletrónicos de grande sucesso, como por exemplo o título *Unreal Tournament 2004*. Esta plataforma foi também utilizada em projetos de pesquisa em inteligência artificial, robótica e sistemas multiagente.

Desde então a plataforma sofreu várias etapas de evolução, encontrando-se atualmente na sua terceira versão. *Pogamut 3* é particularmente relevante para a indústria de jogos online, pois permite que os programadores criem agentes capazes de jogar de forma autónoma em jogos online. Isto leva à criação de agentes que jogam de forma tão competente quanto jogadores humanos, aumentando a dificuldade e a diversidade das partidas, ou à criação de agentes que atuam como companheiros de equipa para jogadores humanos, tornando o jogo mais cooperativo. Outra vantagem do *Pogamut* é a sua facilidade de uso. Esta plataforma fornece uma ampla gama de recursos e ferramentas que permitem

aos programadores criar agentes inteligentes complexos num curto período de tempo. Também inclui um ambiente de simulação que permite que os programadores testem os seus agentes em vários cenários e situações. Porém, esta ferramenta só pode ser utilizada num número pequeno de motores de jogo, o que impede que os programadores de jogos que utilizem outros motores de jogo não possam aproveitar os recursos desta ferramenta.

No geral, é uma ferramenta poderosa e útil para a criação de agentes e sistemas multiagente inteligentes em videojogos. Com a sua capacidade de criar agentes autónomos para jogos online, bem como a sua facilidade de uso, o *Pogamut* tem o potencial de aumentar a qualidade e a diversidade dos jogos eletrónicos disponíveis para os jogadores.

4.3 NERO Game

Neuro Evolving Robotic Operatives, também conhecido como NERO (2005) [19, 20], é um projeto desenvolvido pelo grupo *Neural Networks Research Group* da Universidade do Texas em Austin, em 2003. Este projeto consiste num jogo de *machine learning*, que se assemelha a um jogo de estratégia em tempo real (RTS), tal como indicado pelos criadores do mesmo. O jogo foi criado com o objetivo de demonstrar o poder da tecnologia de *machine learning* e de criar um ambiente de desenvolvimento e *benchmarking* para quem trabalha com inteligência artificial.

Neste videojogo, os jogadores controlam um exército de agentes inteligentes que competem contra outros exércitos em batalhas estratégicas. No entanto, as unidades deste jogo são controladas por algoritmos de *machine learning* que permitem que elas evoluam e se adaptem ao longo do tempo. O jogo destaca-se pela sua abordagem inovadora no uso de técnicas de IA para a criação de unidades autónomas controladas por agentes.

Este jogo resulta de um estudo académico baseado no algoritmo rtNEAT (*Real-time NeuroEvolution of Augmenting Topologies*) [21]. Este algoritmo é uma extensão do algoritmo de neuroevolução NEAT (*NeuroEvolution of Augmenting Topologies*), que permite a evolução dinâmica da topologia e dos pesos de uma rede neuronal artificial.

Uma partida é constituída por duas fases: treino e batalha. No treino, o jogador implementa os seus agentes e também ajuda no processo de treino. A fase de batalha ocorre após a fase de treino, onde os agentes treinados pelo jogador entram em confronto com agentes treinados por outro jogador. Na fase de treino, o jogo utiliza uma abordagem de algoritmos genéticos, em que as unidades evoluem ao longo do tempo. São selecionados os melhores indivíduos para reproduzir e gerar descendentes com características aprimoradas e penalizados os indivíduos que cometem más ações. As unidades desenvolvem os seus próprios comportamentos e estratégias de acordo com a escolha do jogador. O jogador é capaz de alterar as recompensas dadas aos vários tipos de comportamento. Por exemplo, se o jogador quiser que o seu exército não se aproxime tanto do exército inimigo, este consegue alterar quais os indivíduos a reproduzir, para que mais tarde no treino, estes aprendam a não se aproximar tanto.

NERO foi um dos primeiros jogos a utilizar esta abordagem de IA e tornou-se um marco no campo de jogos com agentes inteligentes. A utilização de agentes inteligentes em videojogos, como o NERO, abre um leque de possibilidades para o futuro dos jogos, permitindo a criação de jogos com comportamentos autónomos complexos que podem ser adaptáveis e evolutivos.

5 Riscos associados a sistemas inteligentes em videojogos

Embora a utilização de agentes e sistemas multiagente ofereça muitas vantagens para os jogos online, existem também riscos que devem ser considerados pelos desenvolvedores destes jogos e pelos jogadores dos mesmos.

Um dos maiores riscos do uso desta tecnologia é a privacidade e segurança dos dados dos jogadores. À medida que esses sistemas reúnem dados do jogo, há o risco de que esses dados sejam usados para fins maliciosos, como roubo de identidade ou hacking. Os programadores de jogos devem tomar medidas adequadas para garantir que os dados dos jogadores sejam protegidos e tratados com segurança. Para lidar com essa questão, muitos programadores adotam práticas de privacidade por design, que incluem a incorporação de medidas de segurança desde o início do desenvolvimento do jogo. Isso pode incluir o uso de criptografia para proteger os dados dos jogadores, bem como a implementação de controlos de privacidade que permitem que os jogadores escolham quais informações desejam partilhar.

Outro risco é a possibilidade de que estes sistemas possam ser utilizados para criar *hacks* ou *cheats* em jogos online. Por exemplo, os jogadores podem usar um agente inteligente para automatizar ações no jogo ou para obter informações que lhes dão uma vantagem injusta sobre outros jogadores. Claramente, trata-se de uma ajuda moralmente errada e desonesta que pode arruinar a experiência de jogo para outros jogadores e afetar a integridade do jogo.

O uso indevido desta tecnologia também pode criar problemas de equilíbrio na jogabilidade dos jogos online. Se um sistema inteligente for projetado de maneira inadequada, pode criar desequilíbrios no jogo, tornando-o menos justo ou menos divertido para certos jogadores.

Com isto, a responsabilidade da utilização deste tipo de tecnologias cabe aos programadores dos jogos, que devem criar estes agentes com o seu devido cuidado, e aos jogadores, para que não as utilizem de maneira maliciosa. Os agentes e sistemas multiagente oferecem muitas vantagens emocionantes para jogos online, mas também apresentam riscos que devem ser cuidadosamente considerados e refletidos.

6 Conclusão

Do nosso ponto de vista, é possível dizer que os agentes e sistemas multiagente têm um grande potencial para melhorar a experiência dos jogadores e aumentar a eficiência do desenvolvimento de videojogos online multijogador.

De facto, através da implementação de agentes inteligentes nos mesmos, é possível criar um ambiente mais interativo e personalizado, permitindo aos usuários interagir com personagens virtuais e outros jogadores de uma maneira mais natural. Por outro lado, existem sempre riscos associados a estas tecnologias, como por exemplo o *hacking*. O uso indevido de sistemas inteligentes, pode levar a que as regras do jogo sejam desrespeitadas e, conseqüentemente, que o balanceamento e a honestidade do jogo sejam comprometidas.

A utilização de agentes inteligentes em videojogos online tem o potencial de afetar muitas outras áreas além dos jogos em si. A tecnologia e a experiência ganha com a implementação deste tipo de agentes, pode revelar-se importante para outras áreas diferentes e levar a novas inovações e avanços em diversos setores.

Concluindo, pode-se dizer que os agentes e sistemas multiagente têm um papel fundamental na indústria de videojogos online, permitindo a criação de jogos cada vez mais realistas, desafiadores e interativos. Com o avanço da tecnologia e a crescente procura por jogos online, espera-se que a utilização de agentes inteligentes, continue a evoluir, de forma a trazer ainda mais inovações, diversidade e possibilidades para os jogadores.

References

1. Wooldridge, M., Jennings, N.: Intelligent agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review, 10(2), 115-152. (1995) <https://doi.org/10.1017/S0269888900008122>
2. Huhns, M. N., Singh, M. P.: Readings in agents. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco (1997).
3. Fortnite, <https://www.fortnite.com/>. Last accessed 15 Mar 2023
4. League of Legends, <https://www.leagueoflegends.com/pt-br/>. Last accessed 2 Mar 2023
5. Minecraft, <https://www.minecraft.net/pt-pt>. Last accessed 15 Mar 2023
6. World of Warcraft, <https://worldofwarcraft.blizzard.com/en-us/>. Last accessed 2 Mar 2023
7. NIMROD: The First Special Purpose Digital Computer Designed to Play a Game, <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=4011>. Last accessed 15 Mar 2023
8. Pong, <https://www.ponggame.org/>. Last accessed 15 Mar 2023
9. SimCity, <https://www.ea.com/pt-br/games/simcity>. Last accessed 15 Mar 2023
10. Civilization, <https://civilization.com/civilization-1/>. Last accessed 15 Mar 2023
11. EVE Online, <https://www.eveonline.com/>. Last accessed 15 Mar 2023
12. Dota 2, <https://www.dota2.com/home>. Last accessed 15 Mar 2023
13. Laird, J.E., Newell, A., Rosenbloom, P.S.: SOAR: An Architecture for General Intelligence. Artif. Intell. LNCS, vol. 33, pp. 1-64, Springer, Heidelberg (1987). [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(87\)90050-6](https://doi.org/10.1016/0004-3702(87)90050-6)
14. Laird, J. E.: The Soar Cognitive Architecture. The MIT Press (2012)
15. Unreal Tournament, <https://www.epicgames.com/unrealtournament/en-US/>. Last accessed 15 Mar 2023
16. RoboCup, <https://www.robocup.org/>. Last accessed 15 Mar 2023

17. Gemrot, J., Brom, C., Kadlec, R., Bída, M., Burkert, O., Zemčák, M., Píbil, R., Plch, T.: Pogamut 3 – Virtual Humans Made Simple. (2009)
18. Pogamut - virtual characters made easy, <http://pogamut.cuni.cz/main/tiki-index.php>. Last accessed 10 Mar 2023
19. Stanley, K. O., Bryant, B. D., Miikkulainen, R.: Evolving neural network agents in the NERO video game. *Proceedings of the IEEE*, 182–189. (2005)
20. Neuro Evolving Robotic Operatives, <https://nn.cs.utexas.edu/nero/index.php>. Last accessed 11 Mar 2023
21. Stanley, K. O., Bryant, B. D., Miikkulainen, R.: Real-time neuroevolution in the NERO video game, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 9, no. 6, pp. 653–668 (2005), <https://doi.org/10.1109/TEVC.2005.856210>
22. Robert W., Randolph J.: An introduction to Soar as an agent architecture. (2005)