



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS

PABLO ASSUNÇÃO COSTA

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA

Novembro / 2022

PABLO ASSUNÇÃO COSTA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS

Trabalho de Conclusão de Curso-Monografia, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Moura Pereira

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA

Novembro / 2022

RESUMO

Este trabalho evidencia a necessidade de desenvolvimento de uma Inteligência Artificial que aplicada durante o desenvolvimento de um jogo, seja voltada a adaptar a dificuldade deste, a fim de aumentar sua a vida útil (replay value). Isso se torna indispensável devido ao constante crescimento do mercado de jogos, que cada vez exige uma qualidade maior dos jogos. Ao se tornar relevante por mais tempo, um jogo pode acabar abrindo espaço para que um outro jogo tenha um período de desenvolvimento mais amplo por parte das empresas concorrentes. Diante deste contexto, é necessário considerar as particularidades envolvendo os tipos de jogadores ao se criar um sistema que se adapte a cada um. São inúmeros fatores que podem afetar a forma como o jogo é adaptado, e sem dúvida, irá variar entre cada jogador e cada tipo de jogo, o que se torna um grande desafio para os desenvolvedores criarem um sistema adaptativo eficiente. A existência de ferramentas que captem com precisão as emoções dos jogadores, e de um modelo que possa servir de base para adaptar a dificuldade para cada jogo e jogador, são elementos fundamentais para a implementação dessa inteligência artificial. A proposta aqui estabelecida é apresentar os aspectos referentes à adaptatividade da dificuldade em jogos.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Desenvolvimento de Jogos, Jogos Adaptativos.

ABSTRACT

This work highlights the need to develop an Artificial Intelligence that, applied during the development of a game, is aimed at adapting its difficulty, in order to increase its useful life (replay value). This becomes indispensable due to the constant growth of the gaming market, which increasingly demands a higher quality of games. By becoming relevant for a longer period of time, a game may end up opening space for another game to have a longer period of development by companies. Given this context, it is necessary to consider the particularities involving the types of players when creating a system that adapts to each one. There are numerous factors that can affect the way the game is adapted, and it will undoubtedly vary between each player and each type of game, which becomes a great challenge for developers to create an efficient adaptive system. The existence of tools that accurately capture the emotions of players, and a model that can serve as a basis for adapting the difficulty for each game and player, are fundamental elements for the implementation of this artificial intelligence. The proposal established here is to present the aspects related to the adaptivity of the difficulty in games.

Keywords: Artificial intelligence, Game Development, Adaptive Games.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Jogo Eletrônico Defense of the Ancients (DotA)

Figura 2 - Jogo Eletrônico Asteroids: in the 2nd and 1/2th Dimension

Figura 3 - Jogo Eletrônico Resident Evil 4

Figura 4 - Jogo Eletrônico God Hand

Figura 5 - Jogo Eletrônico Left 4 Dead

Figura 6 - Jogo Eletrônico Metal Gear Solid V: The Phantom Pain

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADD - Ajuste Dinâmico de Dificuldade

DDA - Dynamic Difficulty Adjustment (Ajuste Dinâmico de Dificuldade)

EDA - Electrodermal Activity (Atividade Eletrodérmica)

E-Sports - Esporte eletrônico

IA - Inteligencia Artificial

MOD - Modification (Modificação que faz um jogo operar de forma diferente da original)

NPC - Non-player Character (Personagem não controlado pelo jogador)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos	7
1.2 Metodologia	8
1.3 Organização do documento	9
2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM JOGOS ELETRÔNICOS	10
2.1 Jogos Eletrônicos	12
2.2 Inteligencia Artificial	12
2.3 Aplicações da IA em jogos eletrônicos	13
3. IA ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS	15
3.1 Aprendizagem de Máquina	15
3.2 Benefícios da IA adaptativa aos jogos eletrônicos	15
3.3 IA Adaptativa X Computação Afetiva	19
4. CASOS DE USO DE IA ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS	21
4.1 Academia	21
4.2 Indústria	27
5. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A indústria de jogos, é umas das maiores, mundialmente, em termos de rendimento financeiro. Em 2021, a receita total de videogames (excluindo E-Sports) atingiu US \$214,2 bilhões e aumentará em um taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 8,4% para US \$321,1 bilhões em 2026, de acordo com o Global Entertainment and Media Outlook 2022-26 da PwC. Assim são naturais os altos investimentos na área. Melhorias em qualidade gráfica são o principal fator que evolui a cada ano nessa indústria e que em conjunto com todas as outras melhorias, levam a um tempo de produção extenso, principalmente por parte das grandes empresas de desenvolvimento de jogos.

Por causa desse tempo de produção elevado, é necessário aumentar a vida útil do jogo, fazendo com que seja re-jogável e/ou aumente seu tempo de duração, até que outro jogo possa ser desenvolvido. Entretanto, há um aspecto que leva muitos jogadores a se frustrarem com os jogos, a sua dificuldade. Os designers de jogos quase sempre se esforçam para criar jogos em que a dificuldade dos obstáculos apresentados ao jogador seja apropriada para o nível de habilidade do jogador (JENNINS-TEATS; SMITH; WARDRIP-FRUIIN, 2010). Esse aspecto é algo complicado para o desenvolvimento pois a dificuldade que um jogador escolhe é algo subjetivo. Mas é inegável que a dificuldade desbalanceada pode ser um ponto que pode arruinar um jogo. Tanto perder seguidas vezes ou ficar sem conseguir progressão alguma, quanto concluir o jogo de forma muito fácil, se torna algo desanimador para quem joga, causando muitas vezes a evasão do jogo.

Neste trabalho procuramos compilar ideias relevantes ao assunto para servir como ponto de apoio para que outros estudem e trabalhem de forma mais clara a relação entre IA e jogos, principalmente no que diz respeito ao seu uso para tornar os jogos adaptáveis a cada tipo de jogador, aumentando assim o replay-value dos jogos.

1.1 Objetivos

Alguns estudos já existem na área de IA aplicada em jogos. Entretanto, muitos deles têm foco e aplicações em tipos específicos de jogos. A abordagem da IA proposta neste trabalho tem uma preocupação mais abrangente com o cenário

dos jogos, tendo como principal foco a vida útil dos jogos. Além disso amplia o conceito de ajuste dinâmico de dificuldade (DDA, do inglês, Dynamic Difficulty Adjustment), já presente no desenvolvimento de muitos jogos, para trazer um maior engajamento por parte de seus usuários.

A IA Adaptativa aprende a jogar o jogo desde seu modo mais fácil até o mais difícil. Conhecendo as mecânicas do jogo, ela pode adaptar a própria IA do jogo para facilitar e dificultar em certos pontos específicos. Até mesmo a IA contribui para enriquecer as mecânicas do jogo, adicionando aspectos que podem ser viáveis ao jogo e corrigindo fraquezas do código que poderiam ser exploradas pelos jogadores, que não tenham sido vistos pelos programadores. Em outras palavras, ela ajuda também a testar o jogo.

Sabendo como o jogo funciona, a IA Adaptativa tem a função de conduzir o jogador a jogar com mais dificuldade somente nas áreas de do jogo em que ele tem mais habilidade, e aumentar gradualmente a dificuldade nas áreas "ruins" de acordo com a curva de aprendizado do jogador. Se houver uma necessidade de esforço equilibrada ao nível do jogador, haverá uma satisfação maior ao superar um obstáculo no jogo.

Deste modo o objetivo deste trabalho é entender a aplicabilidade da IA adaptativa para balanceamento de dificuldade em jogos eletrônicos, identificando técnicas utilizadas e seus benefícios. E, a partir da análise das técnicas e métodos existentes utilizados na aplicação de IA 's em jogos no que se refere ao balanceamento de dificuldade, expor conclusões e resultados relevantes para contribuir com o estudo e futuros trabalhos relacionados a IA 's aplicadas à jogos. Além disso, através de uma Inteligência Artificial que aplique um ajuste dinâmico de dificuldade, também é possível contribuir com o aumento da vida útil dos jogos, trazendo mais efetividade para deixar os jogos mais atrativos aos jogadores.

1.2 Metodologia

Neste trabalho foi utilizada a metodologia de levantamento de dados com base em uma pesquisa qualitativa, para análise e contribuição com a validação do tema proposto. A Busca foi planejada ao redor dos termos "Ajuste dinâmico de dificuldade" e "IA em jogos". O tempo de corte foi, para a parte teórica, dos últimos

20 anos, e para a parte metodológica dos últimos 10 anos. Como idioma foi dada preferência por dados em português, mas como existem muitos trabalhos em inglês, também foram coletados dados na língua inglesa. O critério para a escolha dos artigos foi a relevância em relação aos termos de busca e se havia alguma aplicabilidade prática do tema. As ferramentas utilizadas para preparar a pesquisa bibliográfica foram o Google Acadêmico (Scholar) e o ResearchGate. Foram encontrados diversos artigos relacionados ao tema, mas foram escolhidos somente aqueles que se encontrava o termo “ajuste dinâmico de dificuldade em jogos” e os que mostravam alguma aplicabilidade de la visando o balanceamento de dificuldade.

1.3 Organização do documento

Este trabalho foi catalogado de forma em que primeiro fossem apresentados os principais aspectos teóricos sobre o tema e depois a parte metodológica. Assim houve uma divisão em 5 capítulos. O capítulo 2 mostra os principais aspectos dos jogos eletrônicos e da Inteligência Artificial e como esses dois estão relacionados. O capítulo 3 traz os benefícios da aplicação de uma IA adaptativa em jogos eletrônicos além de apresentar como a computação afetiva pode se relacionar com esta IA. No capítulo 4 são mostrados casos recentes na academia e na indústria de jogos que exemplificam o estudo proposto. Por fim, no capítulo 5 se encontram as conclusões do trabalho.

2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM JOGOS ELETRÔNICOS

A maioria dos jogos, quando é desenvolvida, tem sua jogabilidade pré-programada, o mesmo acontece com as simulações, que geralmente usam a tecnologia de jogos para emular a realidade e as condições de treinamento (LOPES; BIDARRA, 2011).. Nos dois casos o conteúdo do jogo, regras, narrativas e ambientes, com os quais o jogador irá interagir, são elementos principalmente estáticos, por permitir que permaneçam testáveis e controláveis, com isso, até os resultados do jogo podem ser previstos de forma mais fácil pelos jogadores, já que todos os elementos são limitados de forma estática. Assim, se os jogadores podem prever certos resultados, seu avanço no jogo pode ser atingido explorando repetidamente uma estratégia (LOPES; BIDARRA, 2011).

Entretanto, algumas empresas de desenvolvimento de jogos já falam no termo "dificuldade adaptativa". Outras já o tem implementado em seus jogos mas, sem especificá-los como tendo esse sistema. Na dificuldade adaptativa estamos falando de mecânicas como aumentar ou diminuir o número de inimigos ou o nível de força dos inimigos, mas para aqueles jogadores mais habilidosos pode não ser o suficiente. Até mesmo pode causar o efeito contrário, deixar difícil demais.

No contexto de vídeo games, desafios muito fáceis acabam gerando mais tédio do que diversão, do mesmo modo, as muito difíceis também não trazem sentimentos positivos (KLIMMT et al, 2009). Um dos motivos é que tarefas difíceis não possuem uma alta probabilidade de resolução, portanto, experiências de falha e desempenho insuficiente surgem com mais frequência em condições de alta dificuldade; essas experiências atacam a autoestima e levam à frustração e tristeza (KLIMMT et al, 2009).

O conteúdo estático e seus padrões predefinidos, levam a jogos e simulações serem jogados de forma previsível e inflexível, o que pode deixar de atrair um público mais amplo (LOPES; BIDARRA, 2011).

Como aponta Lopes e Bidarra (2011), em jogos com finalidades que diferem do meio do entretenimento, como jogos educativos e simulações, esses problemas podem se agravar. Todos os jogadores possuem diferentes capacidades de aprendizagem e necessidades de treinamento. Entretanto, jogos eletrônicos e

simulações normalmente não levam em consideração a individualidade de cada jogador. As atuais condições de treinamento destinados a uma finalidade específica, acabam induzindo os jogadores a realizarem os mesmos exercícios nas mesmas condições, agregando pouco valor ao processo de aprendizagem. Essa falta de foco na individualidade do jogador também pode afetar o valor de repetição de tais jogos, uma vez que nada de novo ou diferente pode ser experimentado em sessões de jogo consecutivas.

Vários estudos trazem os problemas de níveis de dificuldade estáticos e propõem o chamado ajuste dinâmico de dificuldade (DDA) que permite um balanceamento automático da experiência de jogo de acordo com as habilidades individuais de cada usuário (ZOHAIB, 2018). O principal aspecto do DDA é manter o interesse do jogador e oferecer um nível de desafio satisfatório para ele (ZOHAIB, 2018). Além disso, métodos para manter um jogador interessado no jogo, abrem chances para o desenvolvimento de jogos educativos e outras formas de treinamento virtual (MAINIERI, 2019).

Segundo Andrade et al. (2005), o balanceamento dinâmico do nível de um jogo é um processo que deve atender a pelo menos três requisitos básicos. No primeiro requisito, o jogo precisa identificar e se adaptar o mais rápido possível ao nível inicial do jogador, que pode variar de forma muito ampla de novatos a veteranos nos games. Em segundo lugar, o jogo deve acompanhar de forma mais precisa e rápida possível, as evoluções e regressões no desempenho do jogador. E, em terceiro, as mudanças no jogo devem passar despercebidas na adaptação, isso porque o usuário não deve notar que o computador está de alguma forma facilitando as coisas.

Um meio termo nessa adaptação da dificuldade é algo complicado. Se torna uma área promissora de pesquisa pois o conceito de dificuldade é algo subjetivo (SILVA, 2015), e também precisamos colocar em perspectiva a existência de diversos tipos de jogos. O que pode funcionar para um jogo de luta, por exemplo, pode falhar em um jogo de corrida. O que pode ser difícil para um jogador pode não ser para outro.

A seguir abordamos, de forma breve, sobre três tópicos: jogos eletrônicos, IA, e como as IA's são aplicadas nos jogos eletrônicos.

2.1 Jogos Eletrônicos

Os primeiros jogos eletrônicos surgiram aproximadamente na década de 60. Desde então, devido a sua atratividade e a sua aceitação como uma ferramenta de diversão, tornaram-se cada vez mais populares. A evolução tecnológica gerada principalmente a partir do desenvolvimento dos computadores permitiu que os jogos eletrônicos se transformassem de tal maneira que muitos dos jogos criados hoje são apreciados até mesmo como obras de arte. Os últimos videogames produzidos atingiram níveis tecnológicos tão avançados que, devido a suas extraordinárias capacidades no processamento e à rapidez na geração de recursos gráficos, conseguem sintetizar imagens cada vez mais semelhantes às imagens reais – o que não poderia deixar de ser um atrativo (REIS; CAVICHIOELLI, 2008).

Popularmente conhecidos como vídeo-games, os jogos eletrônicos são hoje parte da vida de muitas pessoas. Além disso, tem grande participação na indústria do entretenimento e, deste modo:

Os investimentos no setor são cada vez maiores e a disputa comercial das indústrias é acirrada. Afinal, a expectativa é que o público interessado nestes produtos aumente ainda mais e que surjam novas pessoas aficionadas por este tipo de divertimento. (REIS; CAVICHIOELLI, 2008).

2.2 Inteligencia Artificial

A inteligência artificial entra como um fator importante no desenvolvimento de jogos eletrônicos. A partir deste fato, é necessário entender o que é uma IA e qual o objetivo desse ramo de estudo, assim:

O homem tem a capacidade única de raciocínio e durante milhares de anos, ele procurou entender como o pensamos: isto é, como um mero punhado de matéria pôde compreender, perceber, prever e manipular um mundo muito maior e muito mais complexo que ele próprio. O campo da inteligência artificial vai ainda mais além: ele tenta não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes (GOMES, 2010).

A inteligência artificial envolve duas ideias básicas. Primeiro, envolve estudar os processos de pensamento dos seres humanos. Em segundo lugar, trata da

representação desses processos por meio de máquinas, como computadores, robôs, etc. (RANJITHA; NATHAN; JOSEPH, 2020).

Segundo Gomes (2010) a inteligência artificial é um ramo da Ciência da Computação que tem como propósito fazer com que os computadores pensem ou se comportem de forma inteligente. Ainda segundo ele a IA é um tópico muito amplo, que também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas.

2.3 Aplicações da IA em jogos eletrônicos

O campo do jogo com inteligência aplicada tem sido cada vez mais o centro de interesse de múltiplas pesquisas. Ou seja, técnicas de aprendizado de máquina são empregadas em jogos com o objetivo de proporcionar uma experiência de jogo divertida e satisfatória para o jogador humano (RANJITHA; NATHAN; JOSEPH, 2020).

Existem alguns aspectos que relacionam jogos eletrônicos e Inteligência Artificial, de acordo com Souza e Vahldick (2013):

Muitas são as pessoas que possuem contato com jogos eletrônicos, o que desperta interesse quanto ao seu desenvolvimento e funcionamento interno. Novos pesquisadores e desenvolvedores sentem-se atraídos pela área da IA aplicada aos jogos. Além disso, os softwares de apoio ao desenvolvimento de jogos dotados de IA facilitam o desenvolvimento dos mesmos, atraindo um número maior de programadores interessados pelo campo.

É de grande interesse da indústria que as IA's sejam implementadas de forma precisa em diversos jogos, mas de acordo com Kishimoto (2004), “um dos problemas encontrados sobre IA na indústria de jogos eletrônicos é a grande variedade de gênero dos jogos existentes e os comportamentos dos personagens, resultando numa interpretação ampla do que é considerada IA para jogos”.

É um desafio para os desenvolvedores implementar uma IA que seja consistente com o jogo. Segundo Bakkes, Spronck e Herik (2009), a Inteligência Artificial do jogo tem que ser desafiadora e consistente com o ambiente de jogo em que está situada, para isso, a IA deve possuir a capacidade de se adaptar às novas circunstâncias.

A IA é uma grande aliada aos jogos eletrônicos, proporcionando aos criadores e desenvolvedores novas possibilidades de desafios e estilos de jogos diferentes. A tendência é que os jogos fiquem cada vez melhores com o aperfeiçoamento das técnicas existentes da inteligência artificial e com novas descobertas nesta área (TENORIO; ALVES; REIS, 2018).

3. IA ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS

A Inteligência Artificial proposta é uma forma de deixar a dificuldade de um jogo mais dinâmica para que o jogo se torne mais atrativo para os jogadores. Neste capítulo são abordados, de forma breve, tópicos relacionados à aprendizagem de máquina, os benefícios relacionados à IA de adaptação de dificuldade para jogos eletrônicos e a relação entre computação afetiva e a IA adaptativa.

3.1 Aprendizagem de Máquina

Um ponto de grande importância no ramo da IA é o aprendizado de máquina, que de acordo com Monard e Baranauskas (2003), é uma área de IA cujo objetivo é o desenvolvimento de técnicas computacionais sobre o aprendizado bem como a construção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. Ainda segundo o autor, um sistema de aprendizado é um programa de computador que toma decisões baseado em experiências acumuladas através da solução bem sucedida de problemas anteriores. Os diversos sistemas de aprendizado de máquina possuem características particulares e comuns que possibilitam sua classificação quanto à linguagem de descrição, modo, paradigma e forma de aprendizado utilizado.

Deste modo, se torna de grande importância um sistema de aprendizado preciso quando o assunto é uma IA adaptativa, para que haja um ajuste em relação ao que funciona em cada caso de adaptação.

3.2 Benefícios da IA adaptativa aos jogos eletrônicos

De acordo com Van Den Hoogen, IJsselsteijn e De Kort (2008) os jogos digitais proporcionam aos jogadores uma atividade direcionada a objetivos, desafiadora e que exige habilidade. A maioria dos jogos oferece feedback imediato sobre distância e progresso em direção aos (sub)objetivos, por meio, por exemplo, de pontuação, informações de status (por exemplo, um indicador de saúde) ou feedback direto no jogo. Quando um jogo é eficaz, a mente do jogador pode entrar em um estado quase de transe em que o jogador está completamente focado em

jogar o jogo, e todo o resto tende a desaparecer - uma perda de consciência de si mesmo, do ambiente e do tempo.

Segundo Hunicke e Chapman (2004) os videogames são projetados para gerar experiências envolventes: horrores de suspense, diversões caprichosas e aventuras fantásticas; mas ao contrário de filmes, livros ou mídia televisiva, que muitas vezes têm objetivos experimentais semelhantes, os videogames são interativos; assim os jogadores criam significado interagindo com os sistemas internos do jogo.

Essa interatividade cria uma sensação de imersão nos jogos. Junto com ela a dificuldade também tem um papel importante em gerar imersão. Mas isso só ocorre de forma eficaz se o nível de dificuldade estiver equilibrado de acordo com o contexto do jogo. Deste modo é necessário um balanceamento correto da dificuldade. No entanto, de acordo com Jennings-Teats, Smith e Wardrip-Fruin (2010), isso por si só é uma tarefa de design muito desafiadora, e os designers de jogos se esforçam muito para garantir que seu jogo seja bem equilibrado para que os desafios sejam apropriados para as habilidades dos jogadores. E é aí que entra a IA Adaptativa.

Além de adaptar a dificuldade, essa a IA adaptativa ainda pode ser viável para outras operações envolvendo jogos, como a detecção de trapaças e de algum outro software que prejudique o jogo de alguma forma. Os casos de trapaça em jogos geralmente ocorrem quando alguns jogadores utilizam de softwares que burlam o jogo (cheats). No caso de jogos multiplayer, o uso de trapaças afeta diretamente todos os jogadores que estão jogando sem o uso de cheats, e pode levar a desistência do jogo por parte desses. Isso ocorre em diversos jogos, e por mais que as empresas responsáveis pelos jogos invistam em desenvolver métodos que evitem as trapaças, ainda não há uma solução totalmente eficaz.

Neste cenário, como a inteligência artificial adaptativa é programada para reconhecer os padrões de jogo dos jogadores, ela também identificaria quando as ações não estão sendo 100% feitas por um humano. Entretanto o foco aqui é a dificuldade do jogo. Mas esta não deixa de ser uma opção viável, já que aumentar a vida útil dos jogos é de grande importância.

É importante ressaltar que as dificuldades normalmente presentes nos jogos não serão substituídas. Isso porque os jogadores podem não se habituar a uma

dificuldade adaptativa, desta maneira a IA proposta se torna somente uma funcionalidade adicional. Ainda assim, quem decide como funcionará o sistema de dificuldade do jogo é o desenvolvedor, que pode optar ou não pela IA adaptativa.

Os jogos de computador oferecem uma oportunidade única de jogo que é totalmente adaptada ao jogador de forma individual por meio da inteligência artificial adaptativa (COWLEY; D. CHARLES, 2016). A especificação de um modelo generalizado de jogador seria essencial para a aplicação da IA adaptativa em diferentes tipos de jogos. O princípio disso é que um jogador tende a jogar tipos de jogos com os quais ele está mais familiarizado. Por exemplo, um jogador que gosta de jogos de luta tende a escolher sempre outros jogos de luta. Assim é possível criar este modelo com base nas mecânicas comuns aos jogos de luta. Mecânicas de soco, chute e defesa, são geralmente comuns em jogos de luta, de forma que seria possível a IA esperar que este modelo de jogador já possua esse conhecimento. Em resumo, a IA já teria uma base de onde partir para adaptar a dificuldade. Depois disso, ajustes à IA seriam implementados para que ela possa ser viável para cada jogo de forma específica.

A área de atuação da IA adaptativa pode se estender para ser usada em jogos educativos, identificando em qual área de conhecimento, cada jogador tem mais dificuldade. Se ele tem dificuldade em história e facilidade em matemática, só será diminuído a dificuldade relacionada a história. Não só a alteração da dificuldade, mas entregar o conteúdo ensinado de uma forma diferente.

Os jogos competitivos que envolvem o mundo dos E-Sports, necessitam que um jogador treine para se tornar um atleta apto a competir. Assim a IA adaptativa pode agir analisando o padrão das ações de um jogador, e pode adaptar um treinamento específico com o foco em suas deficiências. As formas de utilizar a adaptatividade da IA podem ser variadas. Aprender posicionamento do jogador, para força-lo a melhorar neste quesito; lidar de forma específica com tipos de armas ou outras técnicas utilizadas no jogo para forçar o jogador a aprender a utilizar outras; e aprender a lidar com as estratégias criadas pelo jogador para aplicar contramedidas e forçar situações extremas provocando imprevisto e/ou criação de novas estratégias. Além de se adaptar para reagir contra as estratégias do jogador, também funciona para melhorar a IA dos npcs aliados para que eles sigam de forma mais fiel as estratégias, baseados em como o jogador age.

Os modos de adaptar a dificuldade de jogos de corrida seriam a partir da análise da IA por parte dos padrões de agressividade do jogador, se ele consegue fazer mais ultrapassagens em retas ou curvas e dificultar ou facilitar na região necessária de acordo com a análise. Em jogos de corrida mais elaborados onde podem existir especificidades tanto nas pistas quanto no clima e no tipo de veículos utilizados, a IA forçaria o jogador a escolher melhor o veículo utilizado de acordo com as suas necessidades e estratégias para cada corrida. Por exemplo, num jogo de corrida de carro, com clima chuvoso, o jogador deve escolher o carro que se adapta melhor à chuva e que também seja um carro que beneficia o seu estilo de jogo para que ele consiga lidar com a IA, que, por sua vez, irá detectar se o jogador tem ou não muita dificuldade com estas condições de corrida.

Nos jogos de mundo aberto, adicionalmente a ajustar a dificuldade de acordo com o estilo de jogo e de acordo com as aptidões do jogador, a IA pode ser melhorada para trazer de forma mais natural a sensação de “vida” ao jogo, adaptando as ações dos npcs às mudanças climáticas e geográficas do terreno, e ajustando cada reação de forma diferente às diversas situações ocasionadas pelo jogador. Se o jogador repetir as mesmas ações que tenha feito em outro momento, ou em um outro lugar do jogo, os desdobramentos seriam diferentes a cada instante. Além disso, os npcs poderiam lembrar das suas ações e reagiram de acordo com elas. De uma forma geral tudo isso pode alterar o cenário ou até mesmo a linha de história do jogo.

A IA adaptativa em jogos de luta tem como função aumentar a agressividade ou diminuir de acordo com as análises feitas em torno do padrão de jogo de cada jogador. Deste modo o jogador estaria em frente a um oponente que consegue se adaptar de forma defensiva quando ele estiver atacando, e de forma a receber um ataque quando uma brecha aparecer. Isso forçaria o jogador a melhorar tanto na defesa quanto no ataque. As mecânicas oferecidas nesse estilo de jogo envolvem também os diferentes golpes que cada personagem do jogo pode executar. Assim a dificuldade que cada jogador pode ter também está relacionada a qual tipo de personagem ele escolher. Forçar o jogador a aprender utilizar de forma correta todos os golpes, evitando os que o jogador já tenha aprendido, é uma estratégia a ser utilizada pela IA.

3.3 IA Adaptativa X Computação Afetiva

A Computação Afetiva, de acordo com Farani (2021), é uma área onde as máquinas passam a detectar o estado emocional dos usuários e, assim, começam a responder não apenas a comandos primários, e como consequência oferecem serviços e funcionalidades personalizadas.

Com o apoio da computação afetiva, é possível deixar a IA adaptativa mais precisa. Isso porque ela pode analisar as condições emocionais do jogador para ajustar a dificuldade. Caso ele esteja de alguma forma irritado, pode ser um sinal de que o jogo está muito difícil para ele. Caso esteja com tédio, um aumento no nível do desafio pode ser benéfico para mantê-lo entretido com o jogo. Neste contexto, a computação afetiva também é importante para a IA analisar a personalidade de quem está jogando e criar um perfil de dificuldade específico para esse jogador.

Medidas que capturam as emoções e experiências dos usuários durante o jogo melhorarão substancialmente nossa compreensão dos elementos do jogo que são particularmente envolventes e motivadoras (VAN DEN HOOGEN; IJSSELSTEIJN; DE KORT, 2008). Ainda segundo Van Den Hoogen, IJsselsteijn e De Kort (2008), entender a jogabilidade em seu nível básico permitirá que os designers de jogos introduzam esses elementos de design em um jogo que são conhecidos por provocar as experiências mais envolventes, com base no entendimento do que o jogador estará experimentando em cada ponto do jogo; Eventualmente, a saída de medidas contínuas de experiências do jogador pode se tornar uma entrada em tempo real para o mecanismo do jogo, permitindo que a inteligência artificial do jogo se ajuste ao estado afetivo ou cognitivo do jogador a qualquer momento durante o jogo.

De acordo com o estudo de Van Den Hoogen, IJsselsteijn e De Kort (2008), do ponto de vista metodológico, são várias as vantagens associadas ao emprego de medidas comportamentais como indicador das experiências dos jogadores. Primeiro, eles são relativamente livres de viés subjetivo, porque geralmente não estão sob o controle consciente dos usuários, nem requerem instruções específicas de um experimentador (por exemplo, “por favor, aperte o botão com mais força à medida que você fica mais frustrado”) – eles ocorrem espontaneamente. Em segundo lugar, quando medidos de forma discreta, eles não atrapalham a

experiência do jogador. Terceiro, são medidas contínuas no tempo, ou seja, são coletadas à medida que a experiência se desenrola e, como tal, não dependem da memória ou introspecção por parte do participante (ao contrário das medidas de autorrelato). Finalmente, várias dessas medidas, como um gamepad sensível à pressão, podem ser integradas de forma realista com as tecnologias de jogos existentes. Indicadores comportamentais bem sucedidos da experiência do jogador podem ser usados como dados de entrada em tempo real para o mecanismo do jogo, adaptando dinamicamente o jogo ao estado experiencial do jogador.

Diante de tudo isso é evidente que a utilização de medidas que medem o comportamento dos jogadores enquanto jogam, pode se tornar um grande diferencial no desenvolvimento de um jogo que consiga prender a atenção dos jogadores, e assim aumentar a vida útil desse jogo.

4. CASOS DE USO DE IA ADAPTATIVA EM JOGOS ELETRÔNICOS

As seções seguintes apresentam casos de uso da adaptatividade da dificuldade de em jogos eletrônicos tanto no meio acadêmico quanto na indústria. Foram escolhidos exemplos que mais se aproximam e validam o tema discutido nesse trabalho.

4.1 Academia

Durante o levantamento de bibliografia sobre o tema abordado nesse trabalho, foram encontrados diversas contribuições acadêmicas, assim como foram priorizadas publicações mais recentes, visto que existe uma grande variedade de trabalhos sobre o assunto no meio acadêmico.

O trabalho de Silva (2015) é um exemplo acadêmico onde foi aplicada uma IA para ajuste dinâmico de dificuldade. O jogo eletrônico apresentado foi o Defense of the Ancients (Figura 1), de gênero MOBA (Multiplayer Online Battle Arena), que foca a ação do jogador em um único personagem chamado herói ou campeão com objetivo principal de defender uma base e destruir a construção principal do inimigo para derrotá-lo e vencer a partida.

O jogo Defense of the Ancients, também conhecido como DotA, foi desenvolvido a partir da adaptação (MOD) de um mapa do jogo Warcraft III: Reign of Chaos. O jogo foi desenvolvido por fãs de Warcraft III e em pouco tempo se popularizou entre a comunidade de jogadores de jogos MOBA. (SILVA, 2015).

Figura 1 - Jogo Eletrônico Defense of the Ancients (DotA)



Fonte: <https://www.redbull.com/se-en/history-of-dota>

No trabalho citado, são apresentadas de forma mais aprofundada as mecânicas do jogo assim como as mecânicas de adaptatividade. Aqui estão reunidos, de forma resumida, os principais pontos contidos no trabalho de Silva (2015), que favorecem a aplicação de uma IA adaptativa de dificuldade em jogos.

O processo de avaliação da dificuldade foi elaborado para ser realizado durante o jogo e indicar quando a dificuldade do jogo não está adequada à habilidade do jogador. Para isso, foi necessário observar quais características do jogo devem ser analisadas e como usar corretamente as informações de cada uma delas (SILVA, 2015).

Como forma de teste do mecanismo de adaptatividade foi necessário implementá-lo no jogo, através da ferramenta World Editor, disponibilizada juntamente com o jogo Warcraft III. Tal ferramenta consegue modificar o jogo escolhido pela autora.

Algumas adaptações no jogo foram necessárias para que o escopo do trabalho estivesse alinhado com o jogo. Foram reduzidos, do jogo original, a quantidade de personagens que o jogador pode escolher de cerca de 110 para 10 heróis, que foram, igualmente divididos entre dois times. Como herói possui características, comportamentos e habilidades diferentes entre si, somente um foi

escolhido para que suas especificidades pudessem ser estudadas com mais propriedade. Essa escolha do personagem aconteceu de forma aleatória para que fosse possível classificar quais habilidades e comportamentos deveriam ser implementadas, de modo que a inteligência artificial se comporte de maneira bem estruturada durante o jogo.

As informações coletadas durante a execução das partidas foram salvas em um arquivo chamado gamelog, a partir do qual foi possível analisar o comportamento do agente de inteligência artificial e do mecanismo de balanceamento.

Vários experimentos entre IA's e, entre IA e humanos foram aplicados para comprovar o funcionamento do mecanismo proposto. O desempenho dos jogadores foi explorado, assim como o de cada personagem, além de ser observado o ajuste dinâmico de dificuldade e o impacto que ele gerou nas partidas.

Durante os experimentos entre os agentes estáticos e o agente dinâmico, no qual:

[...] os agentes estáticos simularam os três principais níveis de jogador (iniciante, intermediário e experiente), foi possível verificar que o mecanismo de ajuste dinâmico de dificuldade foi capaz de manter-se compatível com as habilidades do jogador simulado em 85% dos experimentos. Nos experimentos restantes que falharam em se adequar às habilidades do jogador simulado, 10% ocorre porque o mecanismo de ajuste demorou muito tempo para realizar cada ajuste necessário, resultando em uma grande diferença entre o desempenho dos jogadores. Já os 5% devido a um excesso de ajustes que foram realizados muito rapidamente, sem dar tempo suficiente para que o jogo evoluísse adequadamente (SILVA, 2015).

Dados os resultados dos testes realizados Silva (2015) relata que o mecanismo de adaptatividade procedeu de forma esperada e assim foi “capaz de oferecer um adversário compatível com jogadores de nível iniciante e intermediário Entretanto, para jogadores de nível expert, o agente adaptativo não se mostrou muito desafiador”. Mas mesmo com essa incompatibilidade com os jogadores com mais experiência, a adaptatividade cumpriu o seu papel de não deixar o jogo tedioso ou muito difícil.

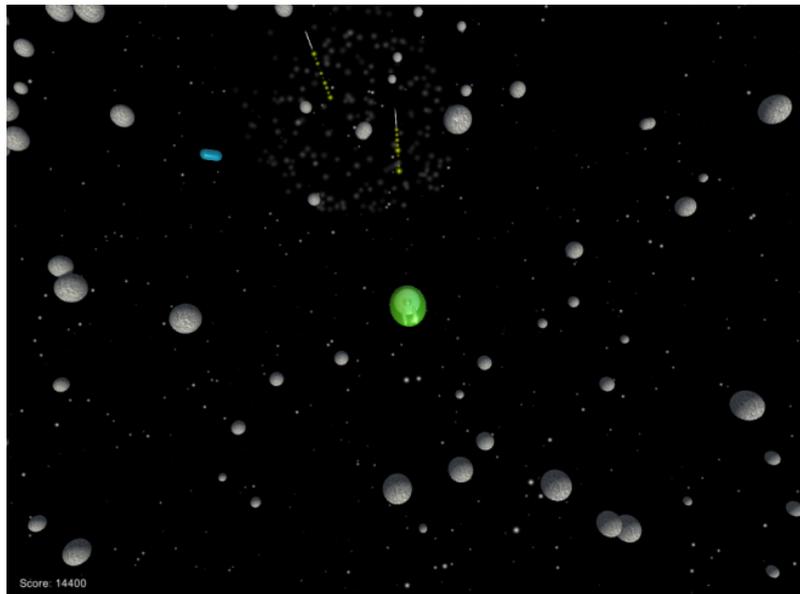
E assim Silva (2015), conclui:

[...] depois de observar todos os resultados obtidos, tanto nos experimentos realizados entre agentes, quanto nos experimentos com usuários, foi possível perceber que essa abordagem gerou resultados positivos. A

necessidade de manter o jogador entretido é uma preocupação real da indústria e esse mecanismo, se for aprimorado, possui um grande potencial para evitar o tédio e frustração dos mesmos.

Outro trabalho em destaque é o de Aguiar e Fernandes (2017). Nele foi escolhido o jogo "Asteroids: in the 2nd and 1/2th Dimension" (Figura 2), criado por Matthew Renze para aplicar testes de modelos de ajuste de dificuldade. Nesse jogo, segundo os autores, "o jogador controla uma nave e tem como objetivo atravessar um campo de asteroides". Este jogo foi escolhido com base em algumas métricas definidas no trabalho, entre elas a possibilidade de modificar o jogo para se aplicar o ajuste de dificuldade. Todo o processo de implementação do mecanismo e dos testes realizados é descrito mais detalhadamente no trabalho.

Figura 2 - Jogo Eletrônico Asteroids: in the 2nd and 1/2th Dimension



Fonte : Aguiar e Fernandes (2017, p. 24).

O trabalho apresenta um ajuste de dificuldade dinâmico híbrido implementado que foi comparado com outros modelos de ajuste de dificuldade por meio de testes com usuários. Conforme Aguiar e Fernandes (2017), "para o uso dos modelos de ADDs foram feitas diversas adaptações: criação de uma estrutura de múltiplas fases, mudanças na interface visual do usuário e componentes do jogo". A velocidade e a densidade dos asteroides do jogo foram as variáveis

escolhidas para determinar o nível de dificuldade que foram chamados de Dificuldade Baixa, Dificuldade Média e Dificuldade Alta.

O jogo foi modificado para inclusão dos ajustes de dificuldade e foi trabalhado em conjunto com a comunicação de um sensor, o BITalino, que segundo os autores “é um dispositivo de baixo custo capaz de ler três sinais fisiológicos comuns: Eletromiográfico (EMG), Eletrocardiográfico (ECG) e Eletrodermal (EDA)”.

De acordo com Aguiar e Fernandes (2017):

Foram realizadas duas baterias de testes. A primeira bateria teve o propósito de encontrar as médias de mortes por fase e a dificuldade, assim como os valores do sensor EDA que foram posteriormente utilizados para definir uma métrica que determina o estado afetivo do jogador. A segunda bateria de testes foi feita com objetivo de comparar os diferentes modelos de ADD, isto é, ADD híbrido, ADD somente com dados de desempenho e ADD somente com dados do sensor. Na segunda bateria de testes também foi aplicado um questionário aos jogadores após a sessão de jogo. Para ambos testes o participante jogou em um laptop com o sensor posicionado na palma da mão esquerda.

Cada uma das baterias de teste apresentaram uma considerável quantidade de participantes entre homens e mulheres de diversas idades. Foi considerado, nesses testes, o estado de imersão no jogo, chamado pelos autores de “flow”. Segundo os autores, os participantes foram divididos entre os três modelos de Ajuste Dinâmico de Dificuldade(ADD): um modelo baseado na performance do jogador dentro do jogo, um modelo baseado no estado afetivo percebido pelo sensor e um modelo híbrido entre os dois anteriores. Durante os testes aplicados, algumas métricas do ajuste de dificuldade foram definidas:

Se o jogador jogou uma fase na dificuldade Baixa, ele não será direcionado para dificuldade Alta independente de seu estado afetivo ou número de mortes. Da mesma forma que se a dificuldade jogada for Alta, o mesmo não será direcionado para dificuldade Baixa. O ADD foi feito desta maneira para evitar que o jogador note uma mudança muito grande na dificuldade, algo que prejudicaria sua imersão e por consequência o afastando do estado de flow (AGUIAR; FERNANDES, 2017).

E por fim, diante dos valores coletados, foi concluído que:

[...] as médias pertencentes ao ADD híbrido são superiores a ambas médias dos outros modelos, tanto na Seção Desafio como na Seção Imersão. Este fato pode indicar que o modelo híbrido de ADD faz o jogador se sentir no estado de flow melhor que os outros, ou faz com que o jogador

perceba o estado de flow mais facilmente. Outras observações podem ser feitas com os dados resultantes do questionário. O valor superior das Seções Imersão e Desafio do modelo híbrido pode indicar que o desafio afeta a imersão positivamente, pois este era o único fator diferente nos três modelos. Entretanto as médias da Seção de Desafio foram maiores em todos os modelos, indicando que outros fatores afetam a imersão, não somente o desafio. A média da Seção Desafio do modelo de performance foi inferior ao modelo afetivo por uma margem muito pequena, ao contrário do que aconteceu com a imersão que foi superior ao modelo afetivo por uma margem considerável (AGUIAR; FERNANDES, 2017).

A aplicação de um ajuste de dificuldade foi benéfica em vários aspectos observados mas, conforme os autores, “a diferença entre as médias apresentadas não foi o suficiente para comprovar que o ADD híbrido é melhor em relação aos outros modelos”.

Uma outra visão sobre o tema abordado é a do trabalho de Rosim (2014). Este mostra o desenvolvimento de um jogo e aplicação de uma IA genética, que, basicamente, passa as suas melhores características para as outras IA 's que vão surgindo quando as anteriores morrem no jogo. Conforme o autor, o seu trabalho “busca o desenvolvimento de um simulador de sobrevivência, onde um agente inteligente é deixado em uma ilha para aprender a sobreviver ao ambiente”.

Deste modo no decorrer dessa simulação:

[...]o agente inteligente vai evoluindo, tanto dentro da própria experiência, pois terá apenas um personagem por vez no ambiente, como pela sua descendência que é guardada em uma lista, porque, após a morte de um dos agentes, são escolhidos os dois seres que melhor se adaptaram ao ambiente, cruzando-os, usando o algoritmo genético para obter um descendente mais evoluído (ROSIM 2014).

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do jogo e do agente inteligente, assim todo o detalhamento do funcionamento estão presentes em seu trabalho.

Ao final das simulações realizadas, Rosim (2014) conclui que “é interessante a implementação de algoritmos genéticos nos jogos digitais, possibilitando a cada partida se adequar ao jogador, tornando-se uma experiência única para cada pessoa”.

E ao fim pontua:

A inteligência artificial em jogos ainda tem muito para ser estudada, por mais avanços que já ocorreram. Cada vez mais os jogadores buscam ter

uma experiência com um NPC, sendo aliado ou inimigo, com um comportamento parecido ao de um ser humano, como se um outro jogador estivesse controlando este personagem. Foi nesta ideia, que o presente trabalho se apoiou, tentando fazer com que cada ser tivesse um comportamento parecido a de um humano, dentro de suas necessidades e habilidades (ROSIM 2014).

Em ambos os trabalhos foram realizados diversos testes em diversos níveis de dificuldade, inclusive com adaptação dinâmica, com um número variado de participantes de várias idades, considerando seu nível de experiência em jogos. Mesmo que o intuito de uma adaptabilidade seja para melhorar a interação dos jogadores com o jogo, o trabalho de Rosim (2014), focou em melhorar somente os aspectos da IA sem a utilização de participantes. O trabalho de Aguiar e Fernandes (2017) traz ainda um sensor para captar o estado emotivo do jogador, com o fim de deixar mais preciso o algoritmo utilizado.

Os algoritmos e a linguagem utilizados variaram em relação ao que podia ser implementado em cada jogo escolhido pelos autores de cada trabalho. Apesar de cada trabalho acima citado trazer abordagens diferentes em jogos diferentes, existe um propósito em comum de medir a valor desse tipo de adaptatividade. Esses trabalhos ressaltam que existem várias formas de executar o balanceamento dinâmico e que ainda há muito o que ser estudado na área.

4.2 Indústria

Alguns jogos na indústria já possuem tecnologias voltadas ao ajuste dinâmico de dificuldade. Entretanto, de modo geral, as empresas não expõem as tecnologias utilizadas em seus jogos. Do ponto de vista de um desenvolvedor, se o jogador não consegue perceber que a dificuldade está se adaptando ao decorrer do jogo, o desenvolvedor terá alcançado essa adaptatividade de forma adequada. Diante desses pontos, não existem muitas informações concretas sobre o uso de uma IA de adaptação de dificuldade. O que temos como prova de que existe uma dificuldade dinâmica, são relatos de quem jogou ou de algum desenvolvedor que confirmou a existência de tal mecânica. Neste ponto existem alguns exemplos de jogos que podem ser citados.

Resident Evil 4 (Figura 3) é um jogo de terror desenvolvido e publicado pela Capcom em 2005. Segundo Calisto (2020) e Miller (2022), há uma dificuldade

dinâmica trabalhando constantemente em segundo plano nesse jogo. As mecânicas envolvidas nesse processo vão de alterar a agressividade dos inimigos quanto a quantidade de itens que podem ser encontrados no jogo, tudo isso de acordo com o nível de habilidade do jogador.

Figura 3 : Jogo Eletrônico Resident Evil 4



Fonte: Calisto (2020)

Outro que possui dificuldade adaptativa é o jogo God Hand (Figura 4), desenvolvido pelo estúdio Clover Studio e também publicado pela Capcom em 2006. Com o mesmo diretor de Resident Evil 4, Shinji Mikami, o jogo God Hand, de acordo com Calisto (2010) :

[...] apresenta um medidor que constantemente regula a inteligência e força de todos os oponentes. O medidor tem 4 níveis, que vai aumentando quando o jogador desvia de muitos ataques e cai quando ele leva dano. Em cima disso o jogo apresenta os 3 níveis tradicionais de dificuldade, onde no “fácil” você só pode chegar até o 2º nível do medidor, e o nível mais difícil permite que você possa acessar o 4º nível do mesmo.

Figura 4: Jogo Eletrônico God Hand



Fonte: Calisto (2020)

Os jogos Left 4 Dead (Figura 5) lançado 2008 em, e sua sequência Left 4 Dead 2 lançado em 2009, ambos desenvolvidos pela Valve Corporation, são jogos multiplayer cooperativo de survival horror e tiro em primeira pessoa. De acordo com Miller (2022), nesses jogos há uma ferramenta constantemente fazendo mudanças sutis na experiência de jogo. Bloquear rotas, gerar enxames de inimigos, criar mais momentos onde alarmes são disparados, e inimigos aparecem inimigos mais desafiadores, são as funções dessa ferramenta que ativam a depender de como o jogo está se saindo.

Figura 5: Jogo Eletrônico Left 4 Dead



Fonte: Miller (2022)

Um exemplo mais atual de dificuldade adaptativa é o jogo Metal Gear Solid V: The Phantom Pain (Figura 6) lançado em 2015 é um jogo eletrônico de ação-aventura furtiva desenvolvido pela Kojima Productions e distribuído pela Konami. Conforme Miller (2022) é outro exemplo de mudanças de dificuldade relativamente bem conhecidas, porque os vários inimigos no jogo começam a aprender suas táticas se quem está jogando fizer a mesma coisa com muita frequência, se, por exemplo o jogador acertar os inimigos sempre na cabeça, eles eventualmente começaram utilizar capacetes.

Figura 6 : Jogo Eletrônico Metal Gear Solid V: The Phantom Pain



Fonte: <https://www.konami.com/mg/mgs5/tpp/en/images/index.php>

Há ainda alguns relatos na indústria de empresas que estão desenvolvendo IA de adaptação de dificuldade. De acordo com Trefilio (2022), a Electronic Arts, uma empresa desenvolvedora e distribuidora de jogos eletrônicos, patenteou recentemente um sistema de dificuldade adaptativa para utilizar em seus jogos. Conhecida simplesmente como EA, a empresa tem como objetivo resumido da patente "revisar o histórico de atividade dos jogadores respeitando um ou mais jogos para projetar um modelo ideal de retenção". Isso garantiria que os jogos analisassem o perfil de cada jogador para fornecer um nível de dificuldade ótimo

para cada um de acordo com quanto tempo um jogador investiria, possibilitando que a dificuldade seja alterada de maneira orgânica, permitindo assim que o jogador vença os desafios antes de perder a paciência. Assim, Trefilio (2022) conclui que a “estratégia da EA pode ser uma alternativa interessante para garantir que seus jogos sempre sejam acessíveis, ao menos no quesito dos desafios, ao maior número possível de pessoas”.

É compreensível o porquê das empresas não divulgarem se existe uma mecânica de adaptatividade em seus jogos. Isso ocorre porque acaba se tornando uma questão de concorrência ter mecânicas que são mais atrativas para o seu jogo, e torná-las de fácil acesso para outras empresas pode não ser a melhor das estratégias. Como já foi dito anteriormente, o melhor caso da adaptação é quando o jogador não consegue perceber que a dificuldade está se adaptando ao decorrer do jogo. Assim, acaba se tornando outro ponto para que não haja nenhuma informação de que o jogo possui essa mecânica. A demanda por jogos faz com que a indústria se preocupe cada vez mais em introduzir mecânicas que aumentem a qualidade desses jogos, e uma IA de balanceamento de dificuldade é sem dúvidas uma das ferramentas que podem proporcionar isso.

5. CONCLUSÃO

A aplicação de uma IA que adapte a dificuldade de um jogo deve levar em consideração os tipos de jogadores que existem e como os seus aspectos psicológicos influenciam em sua forma de jogar. Enquanto um jogador pode querer se desafiar, outro pode somente querer se divertir. O jogo tem que estar preparado para conseguir prender a atenção de diversos tipos de jogadores.

Deste modo, a abordagem do jogador em relação ao jogo se torna algo importante. Assim, segundo LOPES FILHO (2017), “A adaptação do jogo passa então a funcionar com base na avaliação do tipo do jogador, envolvendo a mudança do foco do jogo em geral, abrangendo mudanças coesivas em dificuldade, estrutura de recompensas, estética e assistência automatizada “.

O fato é que, a adaptatividade através da IA traz ao jogador maior interesse e imersão, e conseqüentemente maior longevidade aos jogos. A IA adaptativa é uma evolução do sistema de DDA, o qual não consegue manter os jogadores entretidos e imersos nos jogos. Através dos modelos generalizados dos perfis de jogador a IA adaptativa tem um ponto de partida que deve facilitar o desenvolvimento da mesma e permitir um maior êxito ao alcançar essa adaptatividade.

É de grande interesse por parte das empresas que uma IA desse tipo exista, não somente para criar um jogo que se tenha um maior tempo de vida, mas também para criar uma confiança por parte dos jogadores de que a empresa consegue entregar um jogo de qualidade e que consegue trazer diversão e desafio.

Ainda assim, a IA adaptativa deve ser pensada como uma ferramenta extra no desenvolvimento de um jogo. Isso porque cada jogo tem uma proposta diferente com mecânicas e um level design nos quais esta IA pode não ser a melhor opção. Posto isto, é de total decisão da equipe de desenvolvimento implementar ou não esse tipo de ferramenta.

Ainda existe muito a ser estudado em torno da adaptação de dificuldade, entretanto alguns pontos já podem ser considerados ao início de qualquer trabalho relacionado. É conclusivo que muitos dos trabalhos aqui citados concordam com o fato de que uma adaptatividade dinâmica cria uma maior retenção de público para o jogo e, por consequência, pode gerar maior lucro em cima de um mesmo jogo. Além disso, gera um tempo maior disponível para produção de um jogo novo. Mas

também é preciso ter cuidado, pois ao aplicar esse tipo de mecânica em um jogo o seu custo de produção pode aumentar. Cada caso de ajuste deve ser considerado de acordo com o level design do jogo e os ajustes de dificuldade devem ser imperceptíveis para o jogador senão podem afugentar alguns jogadores.

Por fim, esse trabalho apresentou a aplicabilidade da IA adaptativa a diferentes tipos de jogos, bem como casos de uso. Ainda há muito a ser estudado sobre o assunto, o que pode agregar valor nos estudos acadêmicos e na aplicação na indústria dos jogos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, João Victor Santos; FERNANDES, Lucas Vanderlei. **Ajuste dinâmico de dificuldade em jogos a partir de variáveis do jogo e do usuário**. 2017. xi, 52 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

ANDRADE, Gustavo et al. 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 (2005).

BAKKES, Sander; SPRONCK, Pieter; HERIK, Jaap van Den. Rapid and Reliable Adaptation of Video Game AI. **Ieee Transactions On Computational Intelligence And Ai In Games**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 93-104, jun. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

CALISTO . A dificuldade Dinâmica nos videogames. **Jogando Casualmente**. 11 de junho de 2020. Disponível em: <<https://jogandocasualmente.com.br/a-dificuldade-dinamica-nos-videogames/>>. Acesso em: 11 set. 2022, 17:00.

COWLEY, Benjamin Ultan; D. CHARLES, Darryl; “Adaptive Artificial Intelligence in Games: Issues, Requirements, and a Solution through Behavior-based General Player Modelling”, 2016, **User Modeling and User-Adapted Interaction**, 26(2), pp. 257-306.

FARANI, Camila . Computação afetiva: a evolução do aprendizado de máquinas. **Gazeta do Povo**. 26 de fevereiro de 2021. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vozes/camila-farani/computacao-afetiva-a-evolucao-do-aprendizado-de-maquinas/>> . Acesso em: 26 out. 2022, 18:30.

GOMES, D. dos S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. **Olhar Científico**. v1, n. 2, p. 234-246, 2010.

HUNICKE, R.; CHAPMAN, V. (2004). Ai for dynamic difficulty adjustment in games. Em **Challenges in Game Artificial Intelligence AAAI Workshop**, pp. 91--96.

JENNINS-TEATS, M.; SMITH, G.; WARDRIP-FRUIIN, N. (2010). Polymorph: dynamic difficulty adjustment through level generation. Em **Proceedings of the 2010 Workshop on Procedural Content Generation in Games**, p. 11. ACM.

KISHIMOTO, André. Inteligência artificial em jogos eletrônicos. **Academic research about Artificial Intelligence for games**, 2004.

KLIMMT, Christoph et al. Player Performance, Satisfaction, and Video Game Enjoyment. **Lecture Notes In Computer Science**, [S.L.], p. 1-12, 2009. Springer Berlin Heidelberg.

LOPES FILHO, José Ahirton. (2017). **Overview and Perspectives on the Use of Adaptive Concepts in AI for Greater Immersion in Digital Games.**

LOPES, Ricardo; BIDARRA, Rafael. Adaptivity Challenges in Games and Simulations: a survey. **Ieee Transactions On Computational Intelligence And Ai In Games**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 85-99, jun. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

MAINIERI, Bruno Omella. **Dificuldade adaptativa em jogo para o ensino da matemática.** 2019. Dissertação (Mestrado em engenharia Elétrica e Computação) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2019.

MILLER, Cameron. 10 Best Games With Adaptive Difficulty. **The Gamer** .23 Jul, 2022.

Disponível em: <<https://www.thegamer.com/best-games-adaptive-difficulty/>>. Acesso em: 11 set. 2022, 17:32.

MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. Conceitos sobre aprendizado de máquina. **Sistemas inteligentes-Fundamentos e aplicações**, v. 1, n. 1, p. 32, 2003.

Perspectives from the Global Entertainment & Media Outlook 2022–2026. **PwC**, 2022. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en/industries/tmt/media/outlook/outlook-perspectives.html>> . Acesso em: 26 out. 2022, 19:00.

RANJITHA, M; NATHAN, Kazaka; JOSEPH, Lincy. (2020). Artificial Intelligence Algorithms and Techniques in the computation of Player-Adaptive Games. **Journal of Physics: Conference Series**. 1427. 012006. 10.1088/1742-6596/1427/1/012006.

REIS, L. J. de A.; CAVICHIOILLI, R. F. JOGOS ELETRÔNICOS E A BUSCA DA EXCITAÇÃO. **Movimento**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 163–183, 2008. DOI: 10.22456/1982-8918.2225. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/Movimento/article/view/2225>. Acesso em: 5 set. 2022.

ROSIM, Giovanni Pregnotato. **Desenvolvimento de um jogo adaptativo utilizando técnicas de algoritmos genéticos, 2014.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Tecnologia em Jogos Digitais) - Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, 2014.

SILVA, Mirna Paula. **Inteligência Artificial Adaptativa para Ajuste Dinâmico de Dificuldade em Jogos Digitais.** 2015. Dissertação (mestrado) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SOUZA, Marcelo; VAHLIDICK, Adilson. Influência dos jogos no campo da inteligência artificial. **REVISTA BRASILEIRA DE CONTABILIDADE E GESTÃO**, v. 2, n. 2, p. 157-160, 2013.

TENORIO, Marcelo Buscioli; ALVES, Edgar Nalin; REIS, Yuri Correa. PRINCIPAIS TÉCNICAS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA JOGOS. **Revista Alomorfia**, v. 2, n. 1, p. 18-29, 2018.

TREFILIO, Daniel. EA patenteia tecnologia para ocupar jogadores por mais tempo: A dificuldade busca uma curva ótima entre desafio e tempo investido. **The Enemy**. 7 de abril de 2021. Disponível em <<https://www.theenemy.com.br/tech/ea-dificuldade-adaptativa>>. Acesso em: 11 set. 2022, 16:45.

VAN DEN HOOGEN, W.; IJSSELSTEIJN, W.; DE KORT, Y. (2008). Exploring behavioral expressions of player experience in digital games. Em **Proceedings of the workshop on Facial and Bodily Expression for Control and Adaptation of Games ECAG 2008**, pp. 11--19.

ZOHAIB, Mohammad. Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) in Computer Games: a review. **Advances In Human-Computer Interaction**, [S.L.], v. 2018, p. 1-12, 1 nov. 2018. Hindawi Limited.