



ANTONIO MENEGHETTI FACULDADE – AMF

CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

PABLO ROBERTO BAGGIOTTO

**EVOLUÇÃO DA APLICABILIDADE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
NOS JOGOS DIGITAIS**

RESTINGA SECA/RS

2018

PABLO ROBERTO BAGGIOTTO

**EVOLUÇÃO DA APLICABILIDADE DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
NOS JOGOS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso-Monografia,
apresentado como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Sistemas de Informação,
Faculdade Antonio Meneghetti-AMF.

Orientador: Prof^a Dr^a Ana Marli Bulegon

RESTINGA SECA/RS

2018

RESUMO

Os jogos nos dias atuais são considerados como verdadeiras manias para as pessoas, principalmente os que não conseguem viver sem jogar. As tecnologias empregadas nos jogos, atualmente, visam o aperfeiçoamento dos mesmos, fazendo com que o jogador entre em um mundo virtual, mas real ao mesmo tempo, pois, em certos momentos ambos se fundem em um só. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a aplicação da inteligência artificial nos jogos. Para tanto, fez-se um levantamento de literatura em sites, e-Books, livros, etc, de 1999 até os dias atuais. Os resultados mostraram que a Inteligência Artificial evoluiu para um patamar em que indústria nenhuma de jogos poderia imaginar. Os jogos digitais atuais permitem que os usuários vivenciem diversas experiências de jogo de tal modo que ficam imersos por um longo tempo nestes ambientes. Além disso, os jogos com inteligência artificial em tempos atrás costumavam repetir movimentos e ações a cada acesso do jogador. Os jogos atuais, no entanto, oferecem sempre uma novidade de ação para o usuário. Com isso, eles mantêm a motivação e a interação dos jogadores com o ambiente do jogo. Um ponto desfavorável é que os usuários desses tipos de jogos permanecem muito tempo envolvido com o ambiente virtual e isso interfere em sua qualidade de vida.

PALAVRAS-CHAVES: jogos, inteligência artificial, jogador, usabilidade, tecnologia

ABSTRACT

Today's games are considered to be real crazes for people, especially those who can not live without playing. The technologies used in games are currently aimed at improving them, making the player enter a virtual world, but real at the same time, because, at certain times, both merge into one. In this context, the present work aimed to analyze the application of artificial intelligence in games. For that, a literature survey was made on websites, e-Books, books, etc., from 1999 to the present day. The results showed that Artificial Intelligence evolved to a level in which no games industry could ever imagine. Current digital games allow users to experience a variety of gaming experiences in such a way that they remain immersed for a long time in these environments. In addition, games with artificial intelligence back then used to repeat moves and actions at each player's access. Current games, however, always offer a novelty of action for the user. This keeps them motivated and interacts with the game environment. An unfavorable point is that users of these types of games remain long engaged with the virtual environment and this interferes in their quality of life.

KEYWORDS: games, artificial intelligence, player, usability, technology

LISTA DE ABREVIATURAS

IA	Inteligência Artificial
NPCs	Non-player character
FSMs	<i>Finite State Machines</i>
RBSs	<i>Rule Based Systems</i>
CPU	Central Process Unit,
RN	Redes Neurais
GTA	Grand Theft Auto

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Máquina de estados simples de um personagem	20
Figura 2 – A Hierarquia Existente nos Comportamentos de Movimentação.....	26
Figura 3 - Os Comportamentos Denominados de <i>Seek</i> e <i>Flee</i>	28
Figura 4 - Comportamentos de Movimentação em Grupo.....	30
Figura 5 - Processo básico de execução de um algoritmo genético.....	35
Figura 6 – Jogo GTA V.....	38
Figura 7- Jogo GTA IV.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Publicações encontradas sobre Inteligência Artificial	10
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
I – INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	11
1.1. Definição de Inteligência Artificial.....	12
1.2. Surgimento da Inteligência Artificial.....	14
1.4. A Ação do Sistema Como a do Ser Humano	16
1.5. O Pensamento do Ser Humano nos Sistemas.....	17
1.6. Os Sistemas que agem de Modo Racional	18
1.7. O Pensamento Racional dos Sistemas.....	18
II – OS JOGOS VIRTUAIS E A INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	19
2.1 As Principais Técnicas Utilizadas.....	20
2.1.1 Máquina de Estados Finita.....	20
2.1.2 Os Sistemas Baseados em Regras.....	22
2.1.3 A Lógica Fuzzy	22
2.1.4 Path- Finding.....	24
2.1.5 Comportamentos de Movimentação	26
2.2 Outras Técnicas Aplicadas nos Jogos.....	33
2.2.1 As Redes Neurais.....	33
2.2.2 Os Algoritmos Genéricos	34
2.2.3 O Planejamento	36
3. METODOLOGIA.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

INTRODUÇÃO

Com as constantes aplicações no mundo do entretenimento, principalmente nos jogos digitais, que têm enfrentado um crescimento, tanto no setor da complexidade, como, nos desafios encontrados para o desenvolvimento de determinados jogos.

Atualmente os jogos estão trazendo expectativas cada vez maiores, e, portanto, requerem uma maior qualidade, bem como, credibilidade, pois, os personagens exigem constantemente novos comportamentos.

No estado da computação gráfica para os jogos de computador ocorre a necessidade de apresentar aos usuários cenas, bem como, animações totalmente inovadoras, de modo, a garantir um ótimo jogo.

Assim, a utilização de novas técnicas de inteligência artificial, ou simplesmente IA, tem demonstrado uma grande valia na criação de inovadoras experiências, principalmente para os usuários.

Existe uma tendência na utilização de técnicas cada vez mais sofisticadas de Inteligência Artificial, pois, procura-se alcançar a criação de um ambiente de jogo totalmente diferenciado, bem como, divertido, procurando se alcançar um maior realismo no comportamento dos jogos, agradando a todos os usuários.

No caso dos jogos considerados de jogabilidade não linear, necessário que os personagens sejam mais espertos, e, que possuam realmente raciocínios complexos para a resolução de novas alternativas para os problemas.

Deste modo, a introdução da IA busca resolver as deficiências das técnicas aplicadas nos jogos, aumentando, portanto, jogabilidade, bem como, a desenvoltura dos personagens.

A hipótese do presente tema centra-se na necessidade de se estudar os jogos e a Inteligência Artificial.

Neste sentido, o **objetivo geral** desse estudo é analisar a evolução da aplicabilidade da Inteligência Artificial (IA) nos jogos digitais. Como **objetivos específicos** temos: a) Fazer um levantamento de literatura sobre IA; b) Analisar jogos digitais com aplicação da IA em diferentes momentos.

A **problemática** direciona-se para: Quais as evoluções da aplicabilidade da IA nos jogos digitais. A justificativa para a realização deste estudo é a análise da Inteligência Artificial e sua usabilidade nos jogos.

A metodologia da pesquisa se orienta em pressupostos teóricos de autores com base em pesquisa bibliográfica e exploratória para a análise e interpretação crítica sobre o tema. O processo de pesquisa foi desenvolvido a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. A pesquisa realizada foi desenvolvida através de **consulta em** revistas científicas, livros, sites e trabalhos de conclusão de curso, com artigos do ano de 1998 até 2005.

O presente trabalho está formado por três capítulos. A parte introdutória apresenta uma visão geral do tema, enfocando os objetivos do estudo, a problemática, a relevância e a justificativa do assunto nos dias atuais. O primeiro capítulo aborda a Inteligência Artificial. O segundo capítulo retrata a usabilidade da Inteligência Artificial nos jogos. O terceiro capítulo que cita exemplos de jogos e diferentes tipos de inteligências artificiais e por fim as considerações finais que é um breve relato do autor sobre o tema.

I – INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Russel (2004) retrata que o filósofo grego Aristóteles (384-322 A.C) é um dos precursores dos estudos direcionados para a Inteligência artificial. Para o ilustre autor o estudo direcionado para o pensamento acabou sendo baseado no conhecimento.

Nas suas obras, Aristóteles acabou por introduzir um novo conceito relacionado ao *silogismo*, de modo, a prover argumentos para provar realmente a veracidade de determinadas sentenças a partir de outras que são consideradas como verdadeiras.

Na obra denominada como Lógica, Aristóteles acabou por desenvolver alguns conceitos tidos como fundamentais sobre a Inteligência Artificial, bem como, da Ciência Cognitiva. Assim, a lógica é na realidade um instrumento, sendo o estudo do pensamento o verdadeiro alicerce para o conhecimento. Fora a partir desses estudos sobre lógica que mais tarde acabou sendo criada a Prova Automática de Teoremas.

Com o surgimento do Renascimento, o homem acaba percebendo a existência de uma distinção entre a mente e a matéria, isto é, entre o que realmente vemos e o que existe.

Para Luger (2004) pela primeira vez as idéias sobre o mundo acabaram sendo vistas como distintas de sua aparência, demonstrando a sua real percepção.

Assim, esta separação entre a realidade e a mente acabou sendo fundamental para o entendimento do pensamento do homem, sendo que a presente ideia acabou sendo reforçada por René Descartes (1596-1950), que discutiu as várias diferenças entre a matéria e a mente do homem, onde fora possível perceber que os processos mentais encontram-se em um mundo diferenciado, formado por suas próprias leis.

Após fora possível observar a necessidade de se reagrupar todos os processos mentais e físicos, pois, o homem é na realidade um sistema composto por duas entidades.

Deste modo, acabou-se concluindo que tanto os processos mentais como os físicos são formados a partir da matemática considerada como formal.

Ao se concluir que o pensamento é na realidade uma forma de computação, acabou surgindo a necessidade de ser formalizado. A presente formalização apenas veio por meio de Leibniz, que apresentou o primeiro sistema de lógica formal, e Euler, que demonstrou a teoria dos grafos, sendo esta considerada como de grande utilidade para o estudo em questão, pois, com os nós do grafo é possível se representar todos os estados de um agente em um momento específico do jogo (FUJITA, 2005).

Segundo o ilustre autor Fujita (2005) no século XIX, Babbage e Byron trabalharam no estudo de máquinas mecânicas programáveis para a realização do cálculo de valores de

funções polinomiais. Mesmo a presente máquina, não sendo construída com grande sucesso, seus estudos acabaram por contribuir com a Ciência da Computação, pois, tinha como finalidade incluir novos conceitos sobre programabilidade, memória e abstração de dados. Chegou-se ainda a construir alguns programas para estas máquinas, que acabou sendo considerada como a primeira programadora da história.

No século XIX, o então matemático Boole acabou por formalizar as leis da lógica, sendo desenvolvida a Álgebra Booleana, considerada como a base da Ciência da Computação até os dias atuais. Boole apresentou apenas os valores booleanos 0 e 1, pois, estes são capazes de captar a lógica existente.

No início do século surge a Inteligência Artificial moderna. Deste modo, Alfred North Whitehead e Bertrand Russel, no *Principia Mathematica*, acabou por publicar no período de 1910 a 1913 as derivações sobre as verdades matemáticas por meio de um conjunto de axiomas, bem como, regras denominadas como de inferência para a lógica simbólica, lidando, com a matemática de uma forma estrita.

1.1. Definição de Inteligência Artificial

São inúmeras as definições relacionadas com a Inteligência Artificial, sendo que as principais são trazidas pelos seguintes autores:

- Lima e Labidi (1999), a IA é na realidade uma inteligência produzida pelo próprio homem, sendo estas direcionadas para dotar as máquinas de alguma espécie de habilidade, de modo a simular a inteligência dos seres humanos;

- Para McCarthy e Hayes (apud LIMA e LABIDI, 1999), uma máquina apenas será inteligente quando for capaz de solucionar uma série de problemas que acabam requerendo a inteligência do homem para serem solucionados;

- Segundo Charniack e McDermott (apud LIMA e LABIDI, 1999), a IA é na realidade o estudo de todas as faculdades mentais por meio da utilização de modelos computacionais;

- Rich e Knight (apud LIMA e LABIDI, 1999), a IA é na realidade o estudo de como se conseguir fazer com que os computadores venham a realizar determinadas coisas que até o presente momento apenas o homem realmente consegue realizar;

- Alves e Pasquareli (1997), a IA pode é uma espécie de conjuntos que acaba sendo definida por meio de técnicas e metodologias de programação utilizadas para tentar solucionar os problemas de forma eficiente que as soluções algorítmicas, realizando esta tarefa o mais próximo possível da realizada pelo homem.

Neste contexto, a IA acaba se fundamentar na possibilidade de se modelar o funcionamento da mente do homem por meio do computador.

Para Damásio (1996) o corpo acaba por proporcionar uma referência para a mente humana. Segundo o ilustre autor, os aspectos neurais e químicos são na realidade uma resposta do próprio cérebro procurando provocar certa alteração no funcionamento de nosso organismo, como, por exemplo, taxa metabólica, sistema imunizador, etc.

Diante disto, não se pode pensar que uma atividade mental venha a ocorrer fora do corpo, pois, o meio em que vivemos acaba por influenciar no cérebro por meio das percepções humanas.

Para Damásio (1996) o perceber é na realidade o atuar sobre o meio, bem como, receber dele alguns sinais. Deste modo, a mente acaba por surgir das atividades decorrentes dos circuitos neurais, pois, conforme representam o organismo continuamente, é perturbado pelos estímulos trazidos pelo meio ambiente físico e também sócio-cultural, e, deste modo, deverá atuar sobre esse meio.

Não restam dúvidas de que esse é um dos principais pontos considerados como críticos da IA, a questão que acaba por envolver o corpo, mente, e, conseqüentemente, a alma.

Segundo Lévy (1998), os fundadores da IA acreditavam que esta é um mecanismo. Assim o cérebro, neste contexto, é na realidade uma máquina, sendo, portanto, os neurônios processados de informações.

O presente contexto acaba retratando que o cérebro é na realidade uma máquina, sendo possível remodelá-la no computador. Assim, o mundo em que vivemos é real, maior e complexo que o micromundo digital vivenciado pelos computadores.

Deste modo, a inteligência artificial acaba por trazer algumas questões, como, por exemplo: como é o pensar? A memória, os sentidos auxiliam no desenvolvimento da inteligência humana?, entre outras perguntas (LIMA e LABIDI, 1999).

Verifica-se que todas essas questões acabam sendo fundamentais para que ocorra a simulação do raciocínio do homem, e, que, a simulação de como funciona a mente possa realmente ser implementada por meio do computador.

O presente contexto acaba demonstrando o que é a IA, apresentando-a como a capacidade para se solucionar os problemas. Assim, a Inteligência Artificial é um resultado da representação mental, não sendo nada mais do que uma simples atividade simbólica.

Para Teixeira (1998, p. 44), “O que nos distingue dos outros animais menos inteligentes é nossa *capacidade de produzir e manipular símbolos*”. Mesmo, assim, a noção

de que a Inteligência Artificial é direcionada para a resolução dos problemas continua a ser algo a ocasionar dúvidas a todos.

Assim, a mente deve ser considerada como um processador de informação, sendo que estas podem ser representadas por meio de símbolos, e estes se combinam entre si por meio de regras.

Deste modo, a Inteligência Artificial acaba por envolver uma série de sub áreas, sendo, as principais: sistemas especialistas, redes neurais artificiais, entre outras.

1.2. Surgimento da Inteligência Artificial

É possível verificar que os avanços científicos mencionados acima formaram a base para o real estudo da Inteligência Artificial moderna, sendo que apenas na metade do século XX, com o aparecimento dos computadores é que a IA realmente se tornou viável sob o ponto de vista da ciência.

Por meio da memória e também velocidade de processamento, acabou se tornando viável a implantação de grafos, bem como, a resolução de sistemas de raciocínio formal e heurísticas, realizando, deste modo alguns testes sobre os mesmos.

Segundo Fugita (2005) Turing acabou sendo um dos primeiros a tratar a inteligência artificial em máquinas em relação ao desempenho do homem. Mesmo com algumas críticas, este teste sobrevive até os dias de hoje.

Com base na análise da lógica proposicional de Russel, no conhecimento fisiológico e também funcional dos neurônios no cérebro. Assim, Warren McCulloch e Walter Pitts no ano de 1943 acabaram por propor um modelo de neurônios considerado como artificial, sendo que cada neurônio poderá estar em um estado ligado ou desligado (FUGITA, 2005).

Assim, quando um determinado número de neurônios viesse a estimular um neurônio, este deveria mudar do estado denominado como desligado para ligado, sendo que o estado do neurônio irá demonstrar de qual proposição ele é resultado.

A modificação dos pesos existentes entre as conexões acabou por acrescentar o sistema, principalmente a aprendizagem do mesmo. No ano de 1951 fora construído o primeiro computador, sendo este baseado nas redes neurais. O presente computador realizava a simulação de uma rede com 40 neurônios.

Em 1956 ocorre o evento denominado de “A conferencia de IA de verão”, que teve como finalidade o estudo da Inteligência Artificial. Acabou por ocasionar grande repercussão

o presente evento, ocasionando uma base de pesquisa totalmente ambiciosa, que envolvia várias áreas, como, por exemplo, engenharia, ciência da computação, etc.

Muitos que estiveram no evento acabaram se convencendo do avanço do processamento por meio do *hardware*, possibilitando o surgimento de novas máquinas formadas por capacidade intelectual do homem, deixando, assim, de ser apenas questão de “como”, e sim, “quando” o presente fato realmente ocorreria.

Diante de todas estas mudanças foram necessário separar a IA como um ramo independente, que tinha como finalidade reproduzir artificialmente as ideias do ser humano, principalmente como meio de aprendizagem, e, conseqüente uso da linguagem.

Os anos posteriores acabaram por trazer um período de grande euforia para as pesquisas direcionadas para a Inteligência Artificial, pois, até o presente momento, os computadores apenas eram considerados como simples máquinas aritméticas.

Verifica-se que uma das principais criações fora o GPS (*General Problem Solver*), projetado para a resolução dos problemas como o homem os solucionaria.

A presente criação fora um dos primeiros exemplos relacionados ao “pensando como um humano” (FUGITA, 2005).

Verifica-se, portanto, que uma das primeiras contribuições da Inteligência Artificial nos jogos ocorreu em 1952, quando fora criado um programa de jogo de damas. Este programa aprendeu a jogar muito bem, derrotando, inclusive o seu criador, provando, portanto, que era possível construir um programa superior a este.

Em 1958 fora concebida uma nova linguagem, sendo esta de alto nível chamada *Lisp*, que após se tornou a linguagem de Inteligência Artificial dominante. Neste mesmo ano fora publicado um artigo que descrevia o primeiro sistema considerado como completo sobre IA, sendo que este programa usaria uma base de conhecimentos direcionados para a resolução dos problemas.

Assim, a diferença principal desta relação é a introdução do conceito de “senso comum”, isto é, um conhecimento totalmente generalizado sobre o mundo.

1.3. A Inteligência Artificial nos Dias Atuais

O desenvolvimento da IA é considerado como crescente, sendo, que nos dias atuais o seu potencial de aplicação acabou se tornando muito abrangente. Segundo Fugita (2005) as principais áreas de sua aplicação são as seguintes:

- Planejamento e o agendamento autônomo: acaba sendo utilizado pela NASA, tendo como finalidade o controle de agentes remotos, como, por exemplo, os robôs das missões interplanetárias;

- Entretenimento: utilizado em jogos eletrônicos ou mesmo nos testes científicos, sendo comparado com o ser humano, como, por exemplo, o lançamento do programa jogador de xadrez *Deep Blue*, da IBM;

- Medicina: por meio dos sistemas especialistas é possível a realização de diagnósticos quem ficam muito próximos a de um especialista na área;

- Robótica: o homem tem grande interesse em desenvolver máquinas que sejam semelhantes a si. Nos dias atuais elas ainda não conseguiram chegar a este nível, mas, já conseguem realizar várias tarefas consideradas simples, como, por exemplo, varrer uma casa, ou, ainda, desviar-se de um obstáculo;

- Compreensão da linguagem: não fora ainda construído um programa totalmente eficaz de compreender perfeitamente a linguagem do homem, isto ocorre em razão da ambiguidade e contextualidade, mas, existem alguns programas que traduzam com certa fidelidade alguns textos de uma linguagem para outra.

1.4. A Ação do Sistema Como a do Ser Humano

A maioria das definições, bem como, dos requisitos sobre inteligência acabam recaindo de forma subjetiva na definição da própria Inteligência Artificial. Neste contexto, Alan Turing (1950) acabou propondo um teste para avaliar a inteligência de um agente computacional. O presente teste consistia em se colocar uma máquina e um ser humano em salas totalmente separadas entre si, além de um interrogador, que também era humano, mas, este não teria nenhum tipo de contato físico ou mesmo visual com os participantes, ou seja, máquina e homem.

Assim, o interrogador não deveria saber qual dos participantes era o ser humano e qual era a máquina, sendo o seu objetivo a distinção de quem era humano e quem era a máquina, utilizando-se para isso apenas um dispositivo de escrita como meio de comunicação, onde se enviava perguntas e se recebia as respostas dos participantes.

A utilização do presente terminal fora considerada muito importante para a realização do teste, pois, possibilitava a eliminação de qualquer diferença física entre o homem e a máquina, com habilidades mecânicas ou mesmo o uso da voz, mesmo podendo esses traços ser considerados como de seres inteligentes.

Segundo Fujita (2005) a máquina é aprovada no teste, pois, é considerada como dotada de inteligência caso o interrogador, após fazer algumas perguntas, não consegue mais distinguir a máquina do ser humano.

Deste modo, um computador que fosse capaz de passar no teste denominado de Teste de Turing, é formado pelas seguintes características, segundo Fujita (2005):

- Processamento de linguagem natural: para que seja realmente capaz de se comunicar com o interrogador. Assim, a compreensão da fala do ser humano acaba por ir muito além da simples procura do significado das palavras em um dicionário, pois, direciona-se para a solução de ambigüidades relacionadas com a fala e a análise do discurso;

- Representação de conhecimento: para o armazenamento de informações recebidas é imprescindível o desenvolvimento de uma forma de abstração, bem como, armazenamento de todo o conhecimento;

- Raciocínio automático: acaba por usar a sua base de dados para a realização de inferências, podendo chegar-se a conclusões novas;

- Aprendizado de máquina: um sistema computacional, de forma diferente do homem, deverá efetuar toda a computação realizada na resolução de um problema, não sendo importante quantas vezes este mesmo problema seja apresentado. Assim, fazer com que se adapte a novas situações, bem como, detecte e transcenda os padrões faz surgir à necessidade de se embutir alguma forma de aprendizado desses sistemas.

1.5. O Pensamento do Ser Humano nos Sistemas

O ser humano apenas conseguiu criar o avião depois que parou de criar as máquinas que procuravam imitar o vôo dos pássaros, passando, portanto, a direcionarem a sua atenção nos estudos da aerodinâmica.

É diante da presente filosofia que se baseia a ciência denominada como Cognitiva, que é considerada como uma área interdisciplinar, que têm como função a junção da Inteligência Artificial e a psicologia, pois, segundo esta, apenas o conhecimento suficiente sobre nossas mentes é capaz de implementá-las em um programa computacional (FUGITA, 2005).

1.6. Os Sistemas que agem de Modo Racional

Um agente é definido como um elemento de uma sociedade que analisa todos os aspectos presentes em seu ambiente, afetando-o, podendo ser por meio direto ou indireto. Por meio da cooperação dos demais agentes (LUGER, 2004).

A palavra agente advém do latim *agere*, tendo como significado algo que “age”. Acabam se diferenciando dos demais programas por serem considerados como autônomos, pois, o agente acaba por contribuir com a resolução geral do problema, interagindo, em alguns casos, com outros agentes.

Assim, essa abordagem acaba por apresentar a Inteligência Artificial como integrante da cultura de uma sociedade, sendo que estas interações entre todos os agentes tem como resultado a produção da inteligência.

Deste modo, para que todas essas interações sejam realmente possíveis, cada agente deverá possuir uma determinada habilidade sensorial, bem como, ser capaz de se adaptar as novas mudanças, mas, principalmente, ser formado por objetivos (FUGITA, 2005).

Diante disto, mesmo que um agente não saiba realmente qual a sua verdadeira função em todo o sistema, o conjunto de soluções viabilizadoras para cada agente acaba produzindo um resultado global.

1.7. O Pensamento Racional dos Sistemas

Os sistemas são baseados em estudos de lógica, sendo que o mesmo advém dos estudos sobre silogismos de Aristóteles, até o *Solucionador Geral de Problemas* de Newel e Simon (1963, apud FUJITO, 2005).

Assim, a lógica rapidamente pode ser automatizada, pois, se apresenta como um sistema formal. Deste modo, vários problemas acabam sendo formulados, bem como, resolvidos por meio desta abordagem, servindo, portanto, de motivação para o desenvolvimento dos provadores automáticos de teoremas.

Segundo Fujita (2005) estes sistemas apresentam algumas dificuldades, sendo estas:

- Em determinados momentos não é possível a formulação de um problema em notação lógica, sendo que a mesma se baseia no conhecimento considerado como não completamente verdadeiro;
- Mesmo existindo programas que venham a resolver os problemas descritos em notação lógica, pode não haver recursos computacionais considerados como suficientes para a

resolução destes. Assim, alguns sistemas lógicos acabam tendo um nível de complexidades totalmente suficiente para a geração de infinitos teoremas prováveis.

Assim, a solução para os problemas se orienta na utilização de técnicas heurísticas. Deste modo, ocorre uma redução do tamanho do espaço de busca por meio de passos que venham a auxiliar na solução almejada, mas que não tem como função garantir uma solução considerada como ótima.

Verifica-se que na maioria dos casos quando não se consegue alcançar uma solução aceita, obtendo-se uma boa aproximação do desejado.

II – OS JOGOS VIRTUAIS E A INTELIGENCIA ARTIFICIAL

O termo Inteligência Artificial em jogos, ou simplesmente IA, normalmente são utilizados amplamente, pois, este varia desde a representação e controle de todos os comportamentos dos personagens que não são controlados pelo jogador no jogo aos problemas de controle considerados como mais baixo nível, que normalmente são tidos como do campo da teoria de controle (DORF e BISHOP, 2004).

Em alguns casos verifica-se na IA as características de modelagem física, bem como, a detecção de colisão. Mesmo existindo uma conexão em relação ao movimento dos personagens, a modelagem física e também de campo são separadas, e direcionadas para ferramentas específicas (HAVOK, 2010).

Importante salientar que os primeiros jogos que acabaram adotando a Inteligência Artificial nos personagens controlados pelo computador utilizavam técnicas consideradas precárias, por meio de regras conhecidas como estímulo-resposta que foram implementadas por uma estrutura conhecida como if-then-else *hardcoded*, que fora aplicada dentro do próprio código.

A presente abordagem teve como resultado vários problemas, como, por exemplo, no caso de alterações não era permitido uma grande flexibilidade.

Rapidamente se percebeu a necessidade novas técnicas que fossem melhores para a modelagem, bem como, para a representação e, conseqüente, controle do comportamento dos personagens, pois, se procurava que os NPCs pudessem ter objetos, e, estes pudessem perseguir todos os objetivos impostos.

Assim, um primeiro passo fora entender todas as necessidades existentes no desenvolvimento de uma Inteligência Artificial aplicada a jogos, podendo ser realizada uma análise do domínio por meio do levantamento das técnicas de IA mais usadas nos jogos.

2.1 As Principais Técnicas Utilizadas

Normalmente os desenvolvedores de jogos digitais acabam por utilizarem as mesmas técnicas direcionadas para as funcionalidades de inteligência artificial em jogos, sendo que segundo (RUSSEKK e NORVIG, 2002) são os seguintes: máquinas de estado finitas e de estado *fuzzy*.

Ocorre praticamente um conjunto de estados, bem como, transições entre as técnicas, que acabam sendo utilizadas para a representação dos comportamentos, possibilitando um maior realismo aos movimentos (REYNOLDS, 1999).

Verifica-se que por meio destas técnicas é possível alcançar vários resultados tidos como satisfatórios. Determinados jogos utilizam ainda árvores de decisões e regras de produção em relação ao raciocínio do jogo.

Com os avanços dos jogos digitais atualmente as técnicas utilizadas são consideradas como mais avançadas, sendo que algumas vêm se tornando cada vez mais populares.

Passa-se a analisar rapidamente as principais técnicas utilizadas para a produção dos jogos por meio da Inteligência Artificial.

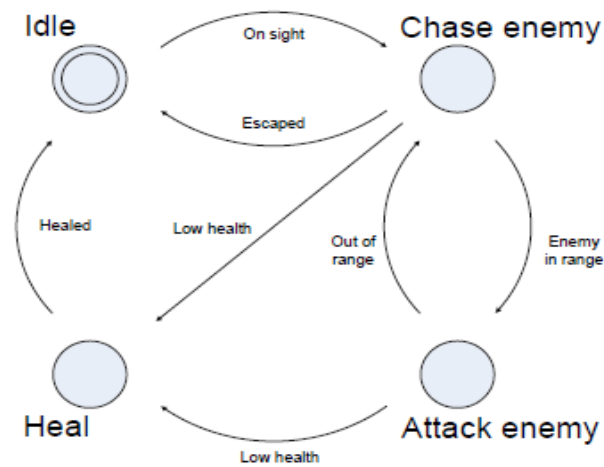
2.1.1 Máquina de Estados Finita

Verifica-se que uma das principais formas de representação consideradas como uma das mais comuns direcionadas para os comportamentos dos personagens de um determinado jogo acaba sendo representada por meio da utilização de máquinas denominadas como Estados Finita, ou, simplesmente *Finite State Machines* – FSMs.

Assim, uma máquina de estados acaba sendo composta por um conjunto de estados e também de regras consideradas como de transição entre todos os estados. Deste modo, o uso de uma Máquina de Estado Finita consiste na realidade a representação das ações possíveis ao agente, pois, as regras de transição apresentam as condições a serem verificadas, principalmente para avaliar a mudança de estado pelo agente.

A figura 1 demonstra uma máquina de estados direcionada para o comportamento de um agente tido como inteligente simples em um determinado jogo.

Figura 1 - Máquina de estados simples de um personagem



Fonte: Karlsson (2005)

Assim, ao ser executado um comportamento, a máquina de estado estará inicialmente em seu estado inicial, e, deste modo, a cada interação as regras consideradas como de transições acabam avaliando o estado corrente, no caso de alguma delas sejam disparadas, a transição será realizada, sendo que o estado de chegada se torna o novo estado corrente. Deste modo, as ações associadas ao estado passam a ser executadas pelos agentes.

A utilização de FSMs para a definição do comportamento dos agentes em jogos é tida como muito popular, principalmente em razão de necessitarem de um processamento com pouco poder, podendo auxiliar nas ferramentas visuais.

Mas, as limitações da abordagem de máquinas de estados são conhecidas. As FSMs são principalmente limitadas pelas diversas explosões combinatórias, bem como, pelos comportamentos considerados como repetitivos, visto que existe um conjunto de estados e também de transições, pois, caso uma situação se repita por variadas vezes o comportamento ativado sempre será o mesmo.

Verifica-se que uma abordagem sempre utilizada para a solução dos problemas são as explosões consideradas como combinatórias bem com, a criação de máquinas de estados finitas tidas como hierárquicas, pois, cada estado poderá ser considerado como uma nova FSM.

Segundo Lopes (2004) a presente abordagem é muito poderosa, pois, permite uma organização e modularização melhor de todos os comportamentos, minimizando qualquer tipo de impacto em relação ao crescente número de estados. Mas, não tem capacidade de eliminar

o problema realmente, não tratando nenhum problema relacionado com os comportamentos repetitivos e também previsíveis.

2.1.2 Os Sistemas Baseados em Regras

Outra forma de representação do comportamento que também é utilizada em jogos, é considerada como mais flexível a abordagem de estímulo-resposta, é denominada como sistemas baseados em regras, ou simplesmente *Rule Based Systems* - RBSs.

Deste modo, as RBSs acabam por apresentar determinadas vantagens, que segundo (CHRISTIAN, 2002) são: conhecimento das pessoas, podendo ser complexo, expressivo e permitindo uma maneira modular, é facilmente descritos, e, são considerados mais concisos do que as máquinas de estados.

No caso de um RBS, o conhecimento ocorre por meio de um conjunto de parâmetros considerados como variáveis, bem como, um conjunto de regras direcionadas para o trabalho sobre esses parâmetros, possibilitando a tomada de decisões, pois, é neste momento que as regras passam a ser processadas.

Na execução de um comportamento que é representado por regras de interferência, verifica-se que primeiramente o conjunto de regras acaba sendo percorrida, e, para cada espécie de regra a situação atual do mundo é avaliada, e se pode determinar se a regra será disparada, e se o presente fato acontecer à ação tomada pelo agente no jogo deverá ser a descrita pela regra, sendo, assim, a próxima regra avaliada da mesma forma.

Mesmo as RBSs demonstrando algumas vantagens, as mesmas necessitam de muito espaço em memória, bem como, um poder de processamento maiores, e até algumas situações acabam se tornando difíceis de serem depurado, quando se utiliza um motor de inferência mais poderoso, como, o JEOPS (DA FIGUEIRA FILHO e RAMALHO, 2000), que acaba trazendo uma unificação de todas as variáveis.

2.1.3 A Lógica Fuzzy

As pessoas normalmente analisam as situações de várias maneiras, mas, normalmente de forma imprecisa, ou seja, utilizam termos como, por exemplo, “pouca força”, “bastante apertado”.

Assim, a lógica *fuzzy* (ZADEH, 1965) consegue representar os problemas de forma similar, de modo que as pessoas acabem pensando sobre ele, pois, os conceitos não são

representados pelos intervalos considerados como indiscretos, mas, pelos conjuntos *fuzzy*, que tende a permitir que um determinado valor pertença a diversos conjuntos formados por graus de pertinência.

No caso da lógica denominada como booleana tradicional apenas suporta os valores de estado discretos, tendo como resultado uma mudança de estado abrupto, de modo, a conseguir respostas tidas como mais suaves em um sistema que se baseia na lógica booleana são necessários a adição de vários estados, o que em muitos casos ocasiona explosões da quantidade de regras.

A lógica nebulosa acaba por evitar qualquer tipo de problema, pois, a resposta irá variar segundo o grau de verdade das condições de entrada.

Assim, a sua suavidade acaba por fazer dela uma opção para aplicações que possui certo grau de incerteza, ou mesmo, necessita da flexibilidade e capacidade de se adaptar.

Neste contexto, os jogos eletrônicos acabam por constituir um campo potencial animador a ser aplicado.

O primeiro a atrair atenção dos desenvolvedores de jogos, segundo (O'BRIEN, 1996) fora O'Brien, pois apresentava um grande potencial da presente técnica para a criação de controle de sistemas com transições sutis, e também agentes inteligentes que apresentaram um comportamento não previsível nem mesmo repetitivo em relação as técnicas usadas.

Mas, poucos desenvolvedores de jogos realmente exploraram a presente técnica em jogos e também na própria literatura. Com o tempo começaram a surgir novas publicações sobre IA para os jogos (MCCUSKEY, 2000), bem como, possibilidades direcionadas para a colaboração entre as comunidades acadêmicas e a de game (JOHNSON e WILES, 2001), voltando a demonstrar a adequação dos jogos considerados como digitais.

Neste contexto, verifica-se que a lógica *fuzzy* é dotada de algumas vantagens, como, por exemplo, adaptação, flexibilidade, etc., que são na realidade importantes para a modelagem da inteligência artificial em um jogo.

Mesmo existindo algumas desvantagens, principalmente no que diz respeito a natureza heurística e também de potencial explosão combinatória normalmente possibilitam o surgimento de problemas de depuração, bem como, de consumo exagerado de memória e, conseqüentemente, processamento.

De um modo geral, a lógica *fuzzy* acaba por lidar com os problemas complexos de controle, principalmente em relação ao custo computacional, que é tido como relativamente baixo, não sacrificando nenhum detalhe, nem mesmo os problemas que podem ser atacados para serem melhores definidos pelas suas variantes, bem como, na criação das regras.

Diante disto, verifica-se que para alguns pesquisadores e também desenvolvedores de jogos começaram a aplicar a lógica *fuzzy* como meio de mitigação de todos os problemas, principalmente os relacionados com as abordagens mais usadas.

Como meio solucionar os problemas de comportamentos considerados como previsíveis e conseqüentes que estão presente nas FSMs acabou originando na criação de *Fuzzy* FSMs, ou simplesmente FuSMs (DYBSAND, 2001).

Assim, essas máquinas de estados *fuzzy* acabam por suportar vários estados ativos (SCHWAB, 2004). Deste modo, alguns jogos começaram a seguir a presente tendência, sendo esta direcionada a utilização de FuSMs, pode-se citar como exemplo o jogo “Unreal’ (gênero *First Person Shooter*), que tinha como finalidade fazer com que os inimigos fossem inteligentes (JOHNSON e WILES, 2001).

A lógica *fuzzy* acabou sendo também empregada no jogo denominado como “S.W.A.T. 2”, que fora utilizada para se conseguir uma resposta tática das unidades consideradas como inimigas, pois, não se baseia apenas na situação, mas, sim, na personalidade de todas as unidades (WOODCOCK, 2010).

Os sistemas *fuzzy* de interferência seria outra opção, conforme Zarozinsk (2002) retratam, se contrapondo, portanto, a abordagens RBS. Mesmo os sistemas *fuzzy* sendo baseados em regras para as entradas, e, assim, acabam por serem capturadas, são refletidas nas decisões a um custo computacional relativamente baixo. Os mesmos são apenas superficialmente mencionados nos esforços de padronização de interfaces utilizados em IA nos jogos, em razão da sua pouca utilização (NAREYEK, et al, 2005).

2.1.4 Path- Finding

Movimentar-se de um lugar a outro por meio de um caminho razoável, ao mesmo tempo em que acaba se desviando de todos os tipos de obstáculos, é considerado como um dos principais requisitos para qualquer entidade que realmente queira demonstrar algum tipo de inteligência em um jogo.

Verifica-se que um dos principais aspectos está relacionado com a implementação de funcionalidades de Inteligência Artificial em jogos, ocasionando um impacto visual obvio, e, conseqüentemente, a determinação de caminho, isto é, *path-finding*

De forma a tratar os problemas, normalmente a abordagem usada acaba sendo executada por meio de um algoritmo direcionado para os dados da cena, encontrando um caminho existente entre a posição de origem e a de destino.

O Path-Finding é considerado como o ponto em que a IA para jogos acaba por aproveitar todas as soluções da IA clássica, especialmente no caso de algoritmo denominado como de busca A*(RUSSEL e NORVIG, 2002)

O presente algoritmo A* é tido como fácil de ser implementado, e, assim, rapidamente encontra o real caminho com custo mínimo entre os pontos existentes no mapa, caso um caminho venha a existir (MATTHEWS, 2002).

Geralmente o mapa passa a ser organizado por meio de nós, sendo estas estruturas que acabam por representar as posições. Assim, a busca apenas é realizada por meio do grafo, sendo, portanto, o caminho resultante de uma lista de nós que deverão ser percorridos para chegarem ao seu destino.

É comum encontrar algumas situações em que os personagens estão presos em algum canto ou mesmo vagando de forma perdida pelo jogo.

Mesmo sendo considerado como um algoritmo robusto, e também utilizado em variados jogos, segundo Stout (2000) acaba por implementar o A* em um contexto de jogos considerados como digitais, pois, requerem algumas melhorias ou mesmo adaptações (Rabin, 2000). É possível citar como exemplo de adaptações a realização de um balanceamento existente entre a qualidade do caminho encontrado e o tempo despendido para o processamento, pois o A* é um algoritmo que se demonstra elevado ao custo computacional.

Assim, o A* precisa ser formado por uma boa estrutura de armazenamento e manipulação de todos os caminhos, apresentando alguma dificuldade em relação as mudanças e objetivos dinâmicos existentes no cenário.

Deste modo, o algoritmo é na realidade apenas parte do problema, direcionando para a melhora do seu desempenho, sendo, portanto necessário simplificar o espaço de busca.

Verifica-se a existência de várias formas de representação desse espaço, sendo possível mencionar: grafo de esquina e *waypoints*, representação em grade, etc. (SNOOK, 2000)

De modo a facilitar o cálculo de caminhos, necessário utilizar os *waypoints*, pois, estes são marcados no ambiente, auxiliando os NPCs a se movimentarem no ambiente, visto que representam todos os nós no grafo, facilitando, portanto, a representação no mapa, como se verifica em todos os caminhos possíveis no mundo do jogo (LIDÉN, 2002).

Importante salientar que outra vantagem em relação a utilização dos *waypoints* é que estes podem ser usados para a sinalização dos pontos de interesse para os NPCs (POZZER, et al, 2004).

Outra forma de se abordar, e que merece destaque são as malhas de navegação, que são tidas como um conjunto de polígonos convexos, direcionados pára as superfícies consideradas como caminháveis nos jogos.

A presente é considerada como intuitiva, pois, permite criar uma nova planta baixa no cenário do jogo, sendo esta completamente automatizada, bem como, adequada a qualquer espécie de ambiente tido como 3D (TOZOUR, 2002).

Assim, existe ainda a necessidade dos personagens estarem sempre atentos ao ambiente, seja para o desvio de objetos, como para escolher o melhor caminho a ser seguido. Todos estes motivos fazem com que o problema seja resolvido por meio do planejamento de caminho, isto é, *path-planning*.

Deste modo, para a realização do planejamento de caminhos, normalmente é necessário tomar as informações extras que foram alteradas nos caminhos, sendo analisados pelo *path-planning*. Mas, verifica-se ainda a existência de outras abordagens direcionadas para o problema.

Uma abordagem para o planejamento é denominada como mapa de influencia, segundo Steetser (2004), pois representam o conhecimento do mundo, contendo algumas informações codificadas que são representadas pelas várias camadas.

Segundo Dill e Sramek (2004) outra espécie de abordagem é a denominada como análise de terreno, pois, é por meio do processamento automático que o agente analisa o ambiente para uma melhor posição, identificando, assim, se encontra algum tipo de vulnerabilidade a fogo inimigo, etc.

Todas as técnicas podem ser utilizadas em uma etapa de pré-processamento, no decorrer da carga dos vários níveis de jogo, ou mesmo, dinamicamente com diversos graus de flexibilidade. Em alguns casos é necessária a combinação de diferentes camadas.

2.1.5 Comportamentos de Movimentação

Um dos principais pontos considerados como importantes nos jogos é a forma como os objetos e também os personagens acabam se comportando, bem como, eles se movimentam no decorrer dos jogos.

Assim, os personagens no ambiente dos jogos devem ter uma autonomia em sua movimentação, sendo esta relacionada com o deslocamento de um ponto para outro, bem como, se comportar no decorrer desse trajeto.

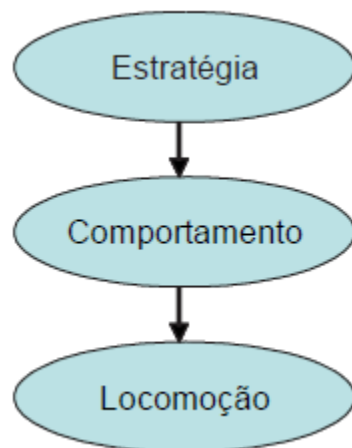
Verifica-se que o comportamento em relação a movimentação gira-se em torno da minimização da carga da CPU e também a maximização da inteligência artificial do movimento.

Outra preocupação existente é a da implantação de comportamentos inteligentes e também definidos, de modo a serem reutilizados, pois, devem ser úteis para melhorar a experiência do jogador, facilitando o desenvolvimento (POTTINGER, 2010).

Segundo Reynolds (1999) para realmente se tratar do problema que envolve a autonomia e também o gerenciamento de movimento pode-se dividir o gerenciamento em três níveis, sendo estes: Comportamento, Estratégia e Locomoção.

Na figura abaixo verifica-se a hierarquia em relação ao comportamento de movimentação

Figura 2 – A Hierarquia Existente nos Comportamentos de Movimentação



Fonte: Reynolds (1999).

Neste contexto, a camada de locomoção é considerada como a camada de baixo nível, sendo, portanto responsável pela representado do corpo do objeto, que será revertido em sinais do modelo de comportamento na movimentação, e esta estará sujeita a algumas restrições em relação ao modelo físico do corpo.

A presente camada normalmente é implementada por meio da modelagem física, sendo, assim, a base de qualquer espécie de movimento.

No caso da camada de comportamento, também denominada como *steering*, acaba se referindo a maneira que o agente adquire a informação do ambiente, bem como, o meio em que esta se encontra focada nas ações a serem tomadas. Assim, estas estratégias são

direcionadas para se chegar a um determinado local, sendo, possível lidar com os possíveis obstáculos presentes nos jogos.

A camada de estratégia é considerada como a camada mais alta em relação ao nível. É nesta que se realiza o planejamento das ações do agente, bem como, os objetivos a serem alcançados.

Mesmo algumas combinações não serem pertencentes a camada de estratégia, algumas combinações de comportamentos básicos acabam implementar alguma estratégia ou mesmo alcançar um determinado objetivo.

Importante salientar que os esforços de pesquisas direcionados para a presente área acabam sendo relacionados com a área de robótica. Assim, a IA é normalmente direcionada para a animação, isto é, modelagem de comportamento, que estará localizada na interseção entre estes campos mencionados e a animação.

Assim, o método normalmente usado para a implementação das características necessárias e mencionado é denominado de *Steering Behaviors* (REYNOLDS, 1999), isto é, Movimentação. Deste modo, o mesmo consiste em utilizar as regras simples que quando juntadas a um grupo autônomo surge uma forma mais realista em relação a movimentação por unidade, e também, por comportamento em grupo.

Esta técnica não tem como finalidade preservar estado, minimizar a memória, e, portanto, acaba reagindo em tempo real, se encaixando nos requisitos presentes em jogos considerados como digitais.

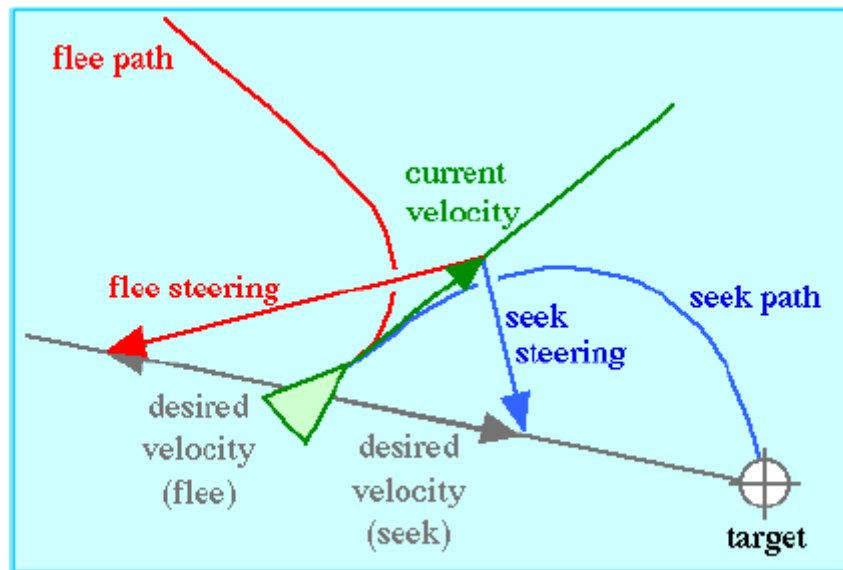
Verifica-se que as combinações de *steering behaviors* podem ser utilizadas para alcançar todos os objetivos que se encontram na camada estratégica.

Para Reynolds (1987) existem variados comportamentos de movimentação, sendo estas direcionadas para controlar a movimentação das criaturas em todo o ambiente virtual.

Todos os comportamentos produzem algum tipo de movimentação que pode ser considerada como interessante, principalmente para as entidades autônomas, sendo que estas consistem nas melhorias sobre o modelo de BOIDS original (REYNOLDS, 1987)

No que diz respeito a relação da coordenação de movimento, verifica-se na figura abaixo os principais modelos propostos por Reynolds (1999), demonstrando a utilidade de abordagem de comportamentos de movimentação, bem como, as interações entre os comportamentos básicos e a sua real capacidade de ser reutilizado.

Figura 3 - Os Comportamentos Denominados de *Seek* e *Flee*



Fonte: Reynolds (1999)

Reynolds (1999) retrata que um dos principais comportamentos é o *Seek*. O presente funciona “puxando” o personagem, sendo este direcionado a um ponto específico no jogo.

Verifica-se que esse comportamento auxilia na velocidade do personagem, sendo voltada para a direção do alvo. Assim, a velocidade que se deseja é apenas um vetor na direção do objeto considerado como alvo, e, assim, o módulo do vetor acaba sendo expresso pela velocidade máxima, ou, mesmo, pela velocidade atual, sempre dependendo da aplicação.

Deste modo, o vetor *steering* é medido pela diferença entre a velocidade desejada e a atual do objeto. Caso o objeto sempre siga o comportamento *seek*, provavelmente irá passar do alvo, dando várias voltas até novamente se aproximar, produzindo, deste modo, um movimento igual ao de uma mosca.

Outro comportamento retratado é o denominado de *Flee*, que se verifica na figura acima. O presente é considerado como o inverso do comportamento anterior, pois, é puxado o objeto, de forma que a velocidade é radialmente alinhada para distante do alvo, e a velocidade desejada é a da direção oposta.

Pursuit é considerado como o outro comportamento proposto, e, também é muito similar ao *Seek*, com exceção de que o alvo é um objeto móvel. Deste modo, a perseguição efetiva acaba requerendo a predição da posição futura do alvo.

Assim, a idéia no presente caso é a previsão de uma nova posição do alvo, reavaliando toda a previsão a cada passo dado. Deste modo, a predição corresponde a se assumir que o

alvo não irá mudar de direção no decorrer do intervalo de predição. Este fato normalmente não é o que acontece, mas o resultado apenas será usado em um curto espaço de tempo, não sendo, portanto prejudicial, poupando, ainda, o sistema de problemas relacionados com a performance, que podem surgir no caso de se tentar utilizar as predições mais elaboradas.

Concluí-se que o *Pursuit* nada mais é do que a aplicação do *Seek* ao alvo que fora previsto.

Deste modo, a chave do *Pursuit* é na realidade o método utilizado para se estimar o intervalo de predição. Esse intervalo deveria ser o tempo até a interceptação, sendo que o presente valor não deverá ser calculado, pois o alvo acaba realizando algumas manobras arbitrárias, bem como, imprevisíveis.

Verifica-se que uma medida a ser adotada era tratar o tempo como constante, pois, mesmo sendo ingênua, apresentaria ainda um comportamento considerado melhor que um simples *Seek*.

Para que ocorra uma performance realmente razoável, necessário que o tempo seja proporcional a distância do alvo, sendo, assim, grande quando estiver longe do alvo, e pequeno quando estiver perto.

O comportamento *Evasion* é considerado como análogo a *Pursuit*, com exceção do *Flee*, que acaba sendo usado ao invés do comportamento *Seek*, para a realização do cálculo da nova direção do objeto.

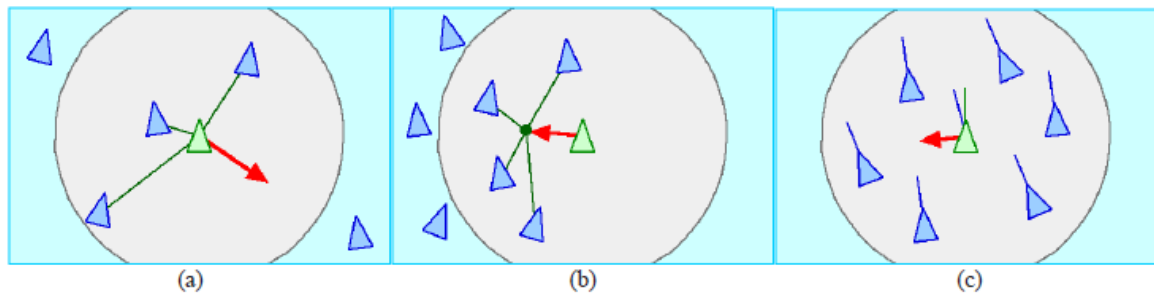
No caso do comportamento *Arrival*, este funciona de forma a identificar a *Seek*, sendo que o objeto se encontra longe do alvo. Mas o objeto acaba por ir freando à medida que se aproxima do alvo, que normalmente estará parado na posição desejada. Assim, a distância onde se deve começar a frear é na realidade um parâmetro para o presente comportamento.

Reynolds (1987) retrata ainda a existência de vários outros comportamentos, podendo-se destacar *obstacle avoidance e hide* como os que são aplicados normalmente nos jogos.

Verifica-se que também é possível a definição dos comportamentos que acabam por levar em consideração alguns de seus vizinhos (REYNOLDS, 1987) para se poder definir o comportamento do personagem.

Estes comportamentos podem ser apresentados da seguinte forma: *Separation*, *Cohesion* e *Alignment*. Na figura abaixo analisa-se os comportamentos de movimentação existentes em grupo.

Figura 4 - Comportamentos de Movimentação em Grupo



Fonte Reynolds (1999)

A *Separation* (figura acima) acaba por oferecer a um determinado personagem a habilidade de sempre se manter separado dos demais personagens que se encontram próximos dele. O presente comportamento é sempre utilizado como meio de impedir que os vários personagens venham a se aglomerar.

Assim, para se computar a força do comportamento, é realizada uma busca pelos objetos vizinhos. Deste modo, para cada objeto próximo, uma força considerada como repulsiva acaba sendo calculada, e se subtrai da posição do objeto da do seu vizinho, ocorrendo a normalização, e se aplicando um peso. Verifica-se que essas forças repulsivas na realidade são somadas e a resultada, formando a força do comportamento.

O *Cohesion* acaba permitindo que o objeto se aproxime, e, deste modo, forme um grupo com os demais objetos próximos. Assim, a força de *steering* desse comportamento apenas poderá ser computada quando os vizinhos sejam encontrados de maneira similar a anterior, sendo, portanto, calculada a posição média destes.

Deste modo, a força de coesão será apenas aplicada na direção de dessa posição, ou, a mesma poderá ser utilizada como alço para o comportamento *Seek*.

No caso do *Alignment*, o mesmo acaba prevendo a habilidade do movimento de um personagem, sendo este alinhado ao dos demais personagens que se encontram próximos. Poderá ser calculado ao se encontrar os objetos vizinhos e tirando a média das direções de suas velocidades.

Assim, essa média é na realidade a direção desejada, sendo, então, a força calculada por meio da diferença entre a velocidade atual e a de direção da velocidade desejada. A força tende a “virar” o objeto para a direção dos demais personagens.

Os comportamentos retratados acima, modelam um comportamento especial, mas também pode servir como blocos para a definição dos novos padrões de comportamento, considerado como mais complexos.

Para se conseguir realmente comportamentos interessantes e diferenciados é necessária a seleção, bem como, a combinação destes componentes individuais, pois, mesmo ele vivendo em um mundo de jogos não faz sentido que apresente sempre o mesmo comportamento.

Deste modo, a combinação de comportamentos poderá em alguns casos ser conseguida pela unificação das forças direcionadas (*steering*) dos diversos comportamentos básicos de diversas maneiras. As maneiras consideradas como mais simples são utilizadas pela soma ponderada truncada ou mesmo pela soma ponderada truncada com a priorização.

Assim, a soma truncada é a abordagem mais simples, sendo que a mesma consiste em se calcular as forças dos comportamentos individuais, sendo estes somados com o fator de peso que aplicado a cada uma das forças, e após, truncar o valor resultante pelo da força máxima permitida.

Essa combinação considerada como simples funciona bem, mas apresenta alguns problemas, como, por exemplo: não é tido como eficiente, é difícil realizar o ajuste dos pesos, as forças dos comportamentos podem sempre anular os momentos inoportunos.

Neste contexto, a combinação por meio da soma ponderada truncada com priorização acaba por melhorar essa situação, apresentando um bom compromisso entre a velocidade de processamento e também de precisão.

A presente abordagem acaba consistindo na definição das prioridades aos vários comportamentos, sendo realizada a soma das forças usando as prioridades para impor uma ordem a esta soma.

Assim, a força que resulta acaba se acumulando as diferentes forças dos comportamentos agrupados, até que o valor agregado seja realmente próximo ao máximo de *steering*, fazendo com que as demais forças venham a ser desprezadas.

Os comportamentos de movimentação é apenas uma abordagem leve, e que permite a ocorrência de uma boa autonomia para que ocorra a movimentação de todos os personagens. Outra vantagem é que a mesma pode facilmente ser combinada com por meio das abordagens retratadas acima, lidando, portanto, melhor com qualquer problema, se evitando os obstáculos dinâmicos que são percorridos no decorrer do caminho.

É possível ainda, estender os *steering behaviours*, sendo que estes devem ser combinados com as demais técnicas de planejamento e também de caminhos (GO, et al, 2004).

2.2 Outras Técnicas Aplicadas nos Jogos

Além dessas técnicas mencionadas que são utilizadas em Inteligência Artificial para os jogos, passa-se a analisar outras espécies de técnicas consideradas como promissoras, e que vêm recebendo uma grande atenção por parte dos desenvolvedores de jogos.

2.2.1 As Redes Neurais

As redes neurais (RN) vêm recebendo grande atenção dos desenvolvedores de jogos (LAMOTHE, 2000), pois, traz grandes benefícios de aprendizagem, podendo ser a RN implementada de forma simples (SWEETSER, 2004).

Assim, uma RN é na realidade uma simulação de um modelo simplificado do cérebro humano, sendo, portanto, composta por várias unidades denominadas de neurônios (nós de rede), e também conexões com pesos entre todos esses nós.

Deste modo, a RN acaba adquirindo conhecimento, e o mantém, sendo que estes são representados pelos pesos de suas conexões.

Verifica-se que estes pesos acabam sendo refinados por meio de uma fase de treinamento, fazendo com que a rede aprenda a se comportar em um determinado cenário.

Uma unidade de neurônio considerada como básica é formada por um conjunto de entradas, bem como, de camadas internas e de saídas. No decorrer do processo de treino de um neurônio, os sinais acabam sendo conectado pelas suas entradas e também um concentrador que multiplica o valor das entradas pelos seus pesos, passando para uma função de ativação que corresponde à unidade, principalmente quando esta se dispara e propaga o sinal para o outro neurônio.

Assim, ao término de todo esse processo, acaba-se calculando o erro das saídas, principalmente em relação ao universo de teste e os pesos que devem ser ajustados quando for necessário.

Deste modo, o processo de testes apenas será finalizado quando a taxa de erro atingir um determinado limiar ou após um dado número de ciclos de execução.

Mesmo os RNs sendo usados como um módulo fechado são também considerados como uma técnica complexa, que é necessária para se alcançar o conhecimento de como ocorre o seu funcionamento internamente, para se poder tirar um grande proveito do que pode oferecer.

Existem alguns pontos a ser observado, como, escolher as entradas da rede, precauções a serem tomadas no decorrer do processo de treinamento, e definição da estrutura da rede.

Segundo Champandard (2002) é necessário se dividir as abordagens de aplicação de RN em jogos digitais, principalmente em dois ramos, que são: reconhecimento e controladores robóticos. Assim, o reconhecimento é considerado como um processo de decisão. Os controladores robóticos são redes para controlar o comportamento físico de todas as entidades por meio do método de regressão.

Para Gehlot e Alsina (1992) a utilização dessa diferenciação no projeto conceitual acaba por trazer grande benefício para o perfeito funcionamento interno da rede.

No caso de problemas denominados como reconhecimento Champandard (2002) menciona que uma abordagem inicial boa acaba por limitar o número de camadas em três, sendo estas representadas por uma camada interna com uma quantidade de nós igual ao dobro do número de entrada, pois, a presente configuração é considerada como suficiente para a classificação de qualquer tipo de padrão, apresentando, assim, um desempenho com a utilização de *back-propagation*.

No caso da utilização de um controlador, necessário se diminuir ao máximo o número de entradas da rede, onde se deve usar ao menos quatro camadas internas, formados pelo número de nós por camada, sendo igual a duas vezes o número de entradas.

A presente configuração acaba por tornar a rede mais exigível, diminuindo o número de entradas, pois, contribui para a amenização do problema de treinamento da rede. Deste modo, é necessária a adequação do problema de controle que utiliza intensivo da rede.

São poucos os desenvolvedores de jogos que se utilizam da presente técnica nos dias atuais, e, normalmente é aplicado apenas o modelo de rede considerado como mais popular e fácil de ser usado que é o *multilayer perceptron* (MASLOW, 2001).

Assim, mesmo sendo as RNs aplicadas na maioria das vezes de forma simples, elas têm se demonstrado adequadas para os jogos digitais e cenários considerados como similares.

2.2.2 Os Algoritmos Genéricos

Outra abordagem direcionada para a criação de entidades consideradas como inteligentes que são capazes de apresentar comportamentos tidos como interessantes, bem como, tomar decisões, e, se adaptar ao jogo facilmente é os algoritmos genéticos.

Assim, os algoritmos genéticos utilizam uma abordagem totalmente inspirada no processo de seleção natural, ou seja, tentam imitar esse processo, até conseguirem evoluir para uma solução que esteja próxima da resolução do problema.

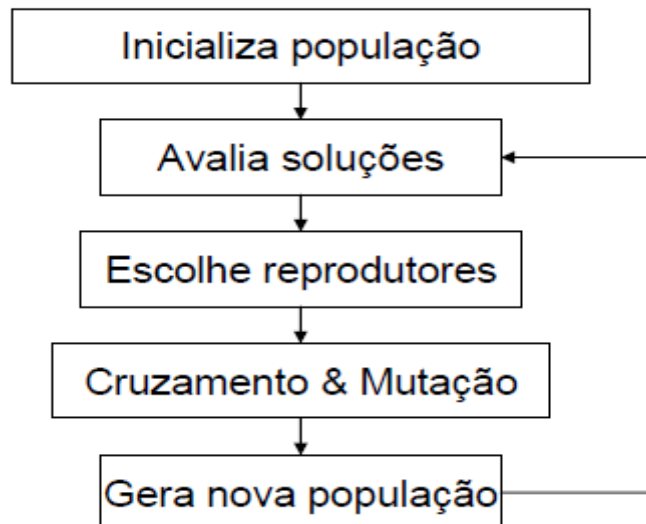
A presente abordagem atualmente vem chamando muito a atenção de todos, principalmente dos desenvolvedores de jogos, e, assim, ganhando grande popularidade, pois, permite uma modelagem do comportamento dos agentes por meio de sua evolução, uma espécie de pré-processamento para modelar a evolução no decorrer do jogo (LARAMÉE, 2002).

A utilização de algoritmos genéticos para possibilitar a evolução de um personagem é dotada de propriedades do agente, sendo que estas podem ser modeladas como genes, e, quando possível o valor do gene é denominado de alelo.

Assim, o conjunto dos genes que um personagem tem acaba por formar um cromossomo que tem como finalidade a representação de um indivíduo.

Na figura abaixo é possível verificar um processo básico de execução de um algoritmo genético.

Figura 5 - Processo básico de execução de um algoritmo genético



Fonte: Karlsson (2005)

A figura apresentada acima demonstra os passos a serem seguidos em um processo de execução. De forma inicialmente é criada a população inicial, procurando-se preencher todos os valores dos cromossomos de forma totalmente aleatória. Após, é realizada uma avaliação da população, sendo que a finalidade é a evolução a ser alcançada para cada processo.

Assim, caso o critério de parada não venha a ser atingido, acaba sendo realizado um processo de cruzamento para se criar uma população totalmente nova de agentes.

No presente processo de cruzamento em uma parte da população original é transferida para a próxima população, bem como, sendo os casais de indivíduos selecionados para combinar os cromossomos, dando origem a um novo indivíduo em uma nova população.

Verifica-se que além desses cruzamentos acaba sendo introduzido um novo fator de mutação no processo, que acaba se repetindo por meio da avaliação da população.

Atualmente existem várias abordagens direcionadas para especificar as combinações dos cromossomos, que são reproduzidos pelos indivíduos, bem como, transferidos para a nova população, sempre procurando definir todos os critérios de avaliação da população. (LARAMÉE, 2002).

Neste contexto, os algoritmos genéticos são considerados como úteis quando se torna difícil se prever as interações entre o conjunto de parâmetros voltados para regular o comportamento dos agentes no decorrer do jogo.

Mas é necessário um grande esforço, bem como, tempo para modelar a simulação, de modo a alcançar bons resultados.

A presente abordagem acaba se adequando ao tratamento de problemas em vários níveis, sendo modelado o agente em um simples cenário (LARAMÉE, 2002).

2.2.3 O Planejamento

O planejamento das ações, bem como, os sistemas de planejamento não são considerados como uma nova abordagem sobre a Inteligência Artificial, mas raramente são utilizados para modelar o comportamento de NPCs nos jogos considerados como digitais.

Deste modo, um sistema que usa o planejamento acaba por trazer uma arquitetura modular, facilitando a implementação, bem como, o compartilhamento de comportamentos.

Diversos jogos atualmente estão fazendo uso da decisão orientada a objetivos (DYBSAND, 2004), sendo que este é formado por uma biblioteca de planos, sendo escolhido o mais adequado para um determinado momento.

Assim, verifica-se que o planejamento pode ser usado de forma poderosa, pois, por meio do planejamento de ações orientado a objetos é possível permitir que os NPCs venham decidir não apenas sobre o momento a ser realizado, mas, sim, também como ser feito (ORKIN, 2004).

O personagem acaba por formular os seus próprios planos, tendo comportamentos menos repetitivos, bem como, menos previsíveis, podendo se adaptar as ações e condições específicas da situação corrente.

Para se explicar o funcionamento de um sistema de planejamento, é necessário a análise de algumas definições. Assim, segundo Nareyek, *et al* (2005) sobre ação, plano e objetivo:

- Ação: é considerado como o comportamento atômico, ou seja, não poderá ser subdividido, pois, tem como finalidade contribuir para a satisfação de múltiplas finalidades. Estas ações têm um número variado de efeitos, bem como, pré-condições. Assim, os efeitos devem definir como a execução modificará o estado do jogo, e também as pré-condições que definem os principais aspectos do jogo, pois, estes devem ser verdade no momento da execução de uma ação. Deste modo, uma ação poderá ser simples ou apresentar um comportamento tido como simples, como, por exemplo, mover-se de uma direção para outra.

- Objetivo: é considerado como o sub-estado do ambiente do jogo que um determinado plano tenta alcançar, sendo que, quando este é realmente alcançado com sucesso acaba encerrando o comportamento iniciado.

- Plano: é considerado como uma sequência válida de ações que devem ser executadas. Assim, verifica-se que um sistema de planejamento sempre receberá como entrada o estado atual de um jogo, sendo que este possui objetivo a ser alcançado, pois, o conjunto das ações a serem executadas acaba por gerar um plano, que é na realidade uma sequência válida de todas as ações que quando são executadas sobre o estado atual do jogo acaba por satisfazer todos os objetivos dos dados.

Verifica-se que a idéia ao se criar um plano em tempo real acaba por passar por um ou mais objetivos para o planejador, sendo que este irá realizar uma nova busca por espaço de todas as ações, principalmente quando um caminho do estado atual seja encontrado, fazendo com que o agente retorne.

Deste modo, com o plano, o agente irá ser seguido até que o plano venha a ser invalidado em razão de mudanças no mundo ou até mesmo que surjam outro objetivo considerado como de maior prioridade, ocasionando a criação de um plano novo.

Neste contexto, alguns benefícios trazidos pela abordagem GOAP (ORKIN, 2004) são os seguintes:

- As ações do NPC devem sempre se adaptarem a uma situação atual, bem como, aos arredores de onde o agente está, neste caso ocorre o encontro de soluções tidas como alternativas para um mesmo problema;

- O código de implementação de um sistema considerado como típico faz com que se evite que qualquer mudança não seqüencial venha a invalidar o conjunto de planos, ocasionando, portanto, a necessidade de uma nova edição;

- Ocorre uma maior correção, pois, os planos acabam sendo gerado pelo próprio planejador, evitando-se, portanto, qualquer erro cometido pelo programador, como, por exemplo, a definição de uma seqüência de ações consideradas inválidas;

- É permitido uma maior variedade em relação ao comportamento, pois, poderá existir uma grande quantidade de ações possíveis, bem como, um mesmo personagem poderá sempre resolver um mesmo problema de diversas maneiras diferentes.

Assim, além da aplicação de planejamento em relação aos comportamentos dos personagens, existe ainda outra possibilidade de ser aplicada a presente técnica, que é a geração da própria história do jogo (CIARLINI, 1999).

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e exploratória, desenvolvida para a análise e interpretação crítica sobre a evolução da IA aplicada em jogos digitais, objetivo deste trabalho. A presente pesquisa foi desenvolvida por meio de consulta em e-Books, livros, sites, revistas científicas e trabalhos de conclusão de curso, no período de 1998 até 2005. O Quadro 1 apresenta as publicações estudadas sobre IA.

Quadro 1: Publicações encontradas sobre Inteligência Artificial

	Publicações	Referências – link
1	Inteligência Artificial e Redes Neurais.	Disponível em http://ai.freeshell.org/iaern.html Acesso em: abr 2018.
2	Charles River. Livro AI GAME PROGRAMMING WISDOM.	Acesso em: 20 abr 2018.
3	LIMA, C. M.; LABIDI, S. Introdução à Inteligência Artificial	Disponível http://www.elo.com.br/~cynthia/ia.html Acesso em: 18 abr. 2018
4	Eduardo Fugita. Algoritmos de IA para jogos. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharel	Acesso em: 20 abr. 2018
5	CIARLINI, A.. Livro A Geração interativa de enredos. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1999.	Acesso em 26 jun. 2018
6	Artigo Introdução à Inteligência Artificial.	Disponível http://www.elo.com.br/~cynthia/ia.html Acesso: 22 abr. 2018
7	Artigo Dynamic Gameplay.	Disponível em: http://www.havok.com Acesso em 24 jun. 2018.

Fonte: o autor, 2018

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A utilização de inteligência artificial em jogos não é novidade, o seu uso começou em jogos clássicos como xadrez ou jogo da velha. Porém, atualmente é difícil encontrar um game que não utilize alguma técnica de IA em seu código. A Inteligência Artificial nos jogos acaba por implicar nos oponentes controlados pelo computador, apresentando um determinado grau de cognitividade, ou seja, percepção, esperteza ao se enfrentar o jogador humano (FUJITO, 2005).

Atualmente existem diversas formas de se implementar um jogo, mas, verifica-se que existe um certo grau de inteligência artificial. Deste modo, as técnicas de Inteligência Artificial nos jogos são utilizadas nos jogos há anos.

Um exemplo clássico de IA extremamente bem aplicada em jogos é o game GTA V¹ (Figura 6), lançado em 2013, que em comparação com seu antecessor GTA IV (Figura 7), lançado em 2007, possui uma IA muito mais avançada. Por exemplo, as reações dos personagens são bem mais visíveis e, de acordo com os diferentes tipos de situações, vividas pelo usuário.

Figura 6: Jogo GTA V



FONTE: www.ibrasoftware.com/grand-theft-auto-v-repack.html

¹ GTA – Grand Theft Auto – Trata-se de um jogo virtual criado pela Rockstar Games.

O game GTA V se passa no estado ficcional de San Andreas, com a história da campanha de um jogador seguindo três criminosos e seus esforços para realizarem assaltos sob a pressão de uma agência governamental. O mundo aberto permite que os jogadores naveguem livremente pelas áreas rurais e urbanas de San Andreas.

Figura 7: Jogo GTA IV



FONTE: www.mobygames.com/game/gtaiv

O game GTA IV se passa na cidade ficcional de Liberty City, com a história um jogador seguindo o imigrante Niko Bellic e suas tentativas de fugir do passado apesar da pressão de agiotas e criminosos. O mundo aberto permite que os jogadores naveguem livremente pelas três ilhas que formam a cidade.

Com diferença de 6 anos de lançamento entre eles, fica clara a evolução da inteligência artificial no mundo dos jogos eletrônicos, não somente dentro da franquia GTA mas também em toda a plataforma de jogos eletrônicos.

Dentro do game GTA V se o usuário portar uma arma de fogo e sair pela rua disparando tiros para o alto, por exemplo, os demais pedestres sairão correndo assustados e logo a polícia será acionada para conter a situação, a IA aplicada ao jogo é fielmente próxima da realidade, diferente do GTA IV que se for realizada a mesma situação os pedestres continuarão caminhando pela rua normalmente como se nada estivesse acontecendo.

Nas buscas que realizamos não encontramos qual tipo de IA foi utilizada no GTA, nem na versão IV e nem na V. Entendemos, no entanto, que o tipo de IA utilizado nesse jogo

tem características do tipo de inteligência utilizado em Redes Neurais. Esse exemplo citado é apenas um dos vários que poderíamos citar dentro do jogo, e isso mostra claramente que a IA esta em constante fase de aperfeiçoamento dentro dos jogos digitais.

Assim, verifica-se que a vantagem de se utilizar a Inteligência Artificial nos jogos reside no fato de que os mesmos são formados por regras definidas, bem como, fáceis de serem praticadas.

Necessário se atentar para as várias diferenças existentes entre o uso de técnicas acadêmicas de IA e do *cheating*, termo considerado como comum entre os jogadores que denomina o uso de trapaça pelo sistema, fazendo com que os jogadores tenham a ilusão de que o sistema é inteligente (FUJITA, 2005).

Segundo Buckland (2007 apud FUKITA, 2005), em pesquisa realizada entre os diversos testadores do jogo de tiro denominado de *Halo*, acabou verificando que os mesmos atribuíam uma maior nota a qualidade da Inteligência Artificial do programa, principalmente quando se aumentava os pontos de vida dos NPCs. A presente nota acabou sendo menor quando de forma proposital estes pontos de vida dos NPC. A nota se demonstrou menor quando os pontos de vida foram diminuídos, fazendo com que os NPCs ficassem mais fáceis de serem destruídos (FUJITA, 2005).

Outra técnica existente para a trapaça em jogos é a utilização da vantagem de que o sistema reconhece em todos os caminhos e perigos presentes no cenário, sendo possível uma ampla visão.

Assim, o aumento da capacidade computacional acabou trazendo grande realismo aos jogos. Deste modo, com o surgimento dos gráficos em 3D, a Inteligência Artificial acabou ganhando um espaço maior nesta área (FUJITA, 2005).

Deste modo, com ambientes cada vez mais complexos, é necessário que se use algoritmos de Inteligência Artificial para se evitar que os NPCs venham a atravessar paredes, e, assim, fiquem presos nos cantos dos cenários ou mesmo, aja de forma indiferente aos estímulos visuais e também sonoros ora produzidos pelos jogadores.

Verifica-se que na prática, a finalidade da Inteligência Artificial é um jogo controlado pelo NPC, com as seguintes facilidades, segundo Fujita (2005):

- Comportamentos primitivos: procura capturar itens, apertar botões, utilizar objetos, etc;
- Movimento: é direcionada para determinadas áreas do cenário, sendo que estes devem se desviar de obstáculos, plataformas, etc;

- Tomada de decisão: acaba se situando em um nível acima das demais facilidades, onde se computa as ações consideradas como necessárias para o cumprimento dos objetivos.

Assim, estas facilidades acabam sendo implementadas por meio da programação tradicional, sendo que a Inteligência Artificial traz algumas soluções eficazes, gerando, portanto, comportamentos mais qualitativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nosso trabalho buscamos estudar sobre a aplicação da Inteligência Artificial nos jogos digitais. Atualmente os jogos utilizam de técnicas de engenharia de software, como, por exemplo, a inteligência artificial, permitindo, portanto, uma maior flexibilidade no jogo, bem como, a aplicação de diferentes gêneros de jogos. Deste modo, a inteligência artificial é uma das principais técnicas utilizadas, para uma melhor jogabilidade, bem como, domínio do problema que venha a surgir no decorrer do jogo.

Assim, a implementação da inteligência artificial em jogos acaba passando por vários ciclos de reestruturação, até se conseguir chegar ao resultado final, que deverá ser satisfatório. Atualmente a inteligência artificial é exigível para jogos diversos, como, os FPS, RPG, RTS, luta, abordagens, simulação, entre outros, tendo em vista o alto grau de interação que os usuários buscam neste tipo de produto.

Verificamos que além dessa flexibilidade em relação da aplicabilidade da inteligência artificial nos jogos, os problemas são tratados por meio de uma integração entre a solução e o universo do jogo, tendo como resultado a solução de qualquer tipo de problema.

A implementação da inteligência artificial permite uma clarificação das propriedades dos jogos, bem como, dos relacionamentos internos, de modo a demonstrar que os níveis mais elevados de interação do usuário com o jogo requerem maiores técnicas e permitem maior flexibilidade de ação.

Importante salientar que a inteligência artificial aplicada em jogos de forma genérica acaba por auxiliar nos comportamentos e também nos sistemas cognitivos, e, principalmente, no desenvolvimento de comportamentos dos personagens.

A utilização da inteligência artificial ainda traz algumas questões a serem discutidas, principalmente em relação aos avanços ocorridos nos últimos anos na área dos jogos considerados como de alta resolução. Os resultados mostraram que a Inteligência Artificial evoluiu para um patamar em que indústria nenhuma de jogos poderia imaginar. Os jogos digitais atuais permitem que os usuários vivenciem diversas experiências de jogo de tal modo que ficam imersos por um longo tempo nestes ambientes. Além disso, os jogos com inteligência artificial em tempos atrás costumavam repetir movimentos e ações a cada acesso do jogador. Os jogos atuais, no entanto, oferecem sempre uma novidade de ação para o usuário. Com isso, eles mantêm a motivação e a interação dos jogadores com o ambiente do jogo.

Um ponto desfavorável é que os usuários desses tipos de jogos permanecem muito tempo envolvido com o ambiente virtual e isso interfere em sua qualidade de vida.

Diante da evolução de IA, verificada nesse estudo, a tendência de aplicação dessa inteligência nos jogos virtuais poderá evoluir para criar jogos com personagens que apresentem o comportamento cada vez mais próximo do humano.

Como trabalhos futuros pretende-se investir nos estudos da aplicabilidade da Inteligência artificial em outras áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. S.; PASQUARELLI, M. A. N. **Inteligência Artificial e Redes Neurais**. Disponível em: <<http://ai.freeshell.org/iaern.html>>. Acesso em: 18 abr. 2017
- CHAMPANDARD, A. J.. The dark art of neural networks. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.
- CHRISTIAN, M.. A simple inference engine for a rule-based architecture. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.
- CIARLINI, A. Geração interativa de enredos. **Tese**. Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1999.
- DA FIGUEIRA FILHO, C. S.; RAMALHO, G. L.; JEOPS - The Java Embedded Object Production System. In: MONARD, M.; SICHMAN, J., **Advances in Artificial Intelligence: International Joint Conference, 7TH IBERO-AMERICAN CONFERENCE ON AI, 15TH BRAZILIAN SYMPOSIUM ON AI, IBERAMIA-SBIA, 2000**, Vol. 1952 de Lecture Notes in Computer Science, p. 53-62.
- DAMÁSIO, A. **O Erro de Descartes: Emoção, razão e cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DICK, S.; KANDEL, A. **Comment on 'Combinatorial Rule Explosion Eliminated by a Fuzzy Rule Configuration'**. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 7(4), February 1999.
- DILL, K.; SRAMEK, A. Performing qualitative terrain analysis in Master of Orion 3. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom 2**. Charles River Media, 2004.
- DORF, R. C.; BISHOP, R. H.. **Modern Control Systems**. Prentice Hall, 10th edition, 2004.
- DYBSAND, E.. A Generic Fuzzy State Machine in C++. In: DELOURA, M. A. **Game Programming Gems 2**. Charles River Media, 2001.
- DYBSAND, E. Goal directed behavior using composite tasks. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom 2**. Charles River Media, Hingham, Massachusetts, 2004.
- FUGITA, Eduardo. Algoritmos de IA para jogos. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Bacharel (Ciência da Computação). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005
- GEHLOT, N. S.; ALSINA, P. J. A comparison of control strategies of robotic manipulators using neural networks. In: **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, CONTROL, AND INSTRUMENTATION, IECON-92**, p. 688-693, San Diego, USA, 1992.
- GO, J.; VU, T.; KUFFNER, J. J. Autonomous behaviors for interactive vehicle animations. In: **PROCEEDINGS OF THE ACM SIGGRAPH SYMPOSIUM ON COMPUTER ANIMATION (SCA 2004)**. ago. 2004.

HAVOK, A. **Dynamic Gameplay**. Disponível em: <<http://www.havok.com/>>. Acesso em: 18 abr. 2017

JOHNSON, D.; WILES, J. Computer games with intelligence. In: **PROCEEDINGS OF THE 2001 IEEE INTERNATIONAL FUZZY SYSTEMS CONFERENCE**, Melbourne, Australia, 2001.

LAMOTHE, A. A Neural-Net Primer. In: DELOURA, M. A., **Game Programming Gems**. Charles River Media, 2000.

LARAMEE, F. D. Genetic algorithms: Evolving the perfect troll. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.

LÉVY, P. **A Máquina Universo: criação, cognição e cultura informática**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

LIDIEN, L. Strategic and tactical reasoning with waypoints. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.

LIMA, C. M.; LABIDI, S. **Introdução à Inteligência Artificial**. Disponível em: <<http://www.elo.com.br/~cynthia/ia.html>>. Acesso em: 18 abr. 2017

LOPES, G.. Máquinas de estados hierárquicas em jogos eletrônicos. **Tese**. Departamento de Informática, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2004.

LUGER, G. F. **Inteligência Artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos**. - 4.ed. - Porto Alegre: Bookmann, 2004.

MANSLOW, J. Using a Neural Network in a Game: A Concrete Example. In: DELOURA, M. A. **Game Programming Gems 2**. Charles River Media, 2001.

MATTHEWS, J. Basic A. Pathfinding made simple. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.

MCCUSKEY, M. Fuzzy logic for video games. In: DELOURA, M. A. **Game Programming Gems**. Charles River Media, 2000.

NAREYEK, A.; COMBS, N.; KARLSSON, B.; MESDAGHI, S.; WILSON, I. The 2005 Report of the IGDA's Artificial Intelligence Interface Standards Committee. AI-SIG, **International Game Developers Association (IGDA)**, June 2005.

O'BRIEN, L. Fuzzy logic in games. In.: **Game Developer Magazine**, p. 53, April/May 1996.

ORKIN, J. Applying goal-oriented action planning to games. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom 2**. Charles River Media, 2004.

POTTINGER, D. **Coordinated Unit Movement**. Gamasutra. Disponível em: <http://www.gamasutra.com/features/19990122/movement_01.htm>. Acesso em: 18 abr. 2017

POZZER, C. T.; FEIJO, B.; CIARLINI, N. E. M.; FURTADO, A. L. ; DREUX, M.. Managing Actions and Movements of Non-Player Characters in Computer Games. In: **PROCEEDINGS OF THE 3RD BRAZILIAN WORKSHOP ON COMPUTER GAMES AND DIGITAL ENTERTAINMENT** (WJogos'04) PART OF SBGAMES'2004, Curitiba, PR, Brazil, October 2004.

RABIN, S. A. Speed optimizations. In: DeLoura, M. A. **Game Programming Gems**. Charles River Media, Hingham, USA, 2000.

REYNOLDS, C. W. Steering behaviors for autonomous characters. In: **PROCEEDINGS OF GAME DEVELOPERS CONFERENCE**, p. 763-782, San Jose, California, 1999.

REYNOLDS, C. **Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model**. Computer Graphics, 21(4):25-34, 1987.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 2nd edition, 2002.

SCHWAB, B. **AI Game Engine Programming**. Charles River Media, 2004.

SNOOK, G.. Simplified 3D movement and pathfinding using navigation meshes. In: DELOURA, M. A. **Game Programming Gems**. Charles River Media, Hingham, USA, 2000.

STOUT, B. The Basics of A* for Path Planning. In: DELOURA, M. A. **Game Programming Gems**. p. 254-263. Charles River Media, 2000.

SWEETSER, P. Strategic decision-making with neural networks and influence maps. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom 2**. Charles River Media, 2004.

SWEETSER, P.. How to build neural networks for games. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom 2**. Charles River Media, 2004.

TEIXEIRA, J. F. **Mentes e Máquinas: uma introdução à ciência cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

TOZOUR, P. Building a near-optimal navigation mesh. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.

ZADEH, L. **Fuzzy sets**. Information and Control, 8(3):338-353, 1965.

ZAROZINSKI, M. An open-source fuzzy logic library. In: RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Charles River Media, 2002.

WOODCOCK, S. **Games Making Interesting use of Artificial Intelligence Techniques**. Disponível em: <<http://www.gameai.com/games.html>>. Acesso em: 18 abr. 2017