

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: UMA ABORDAGEM SOBRE ALGORITMOS GENÉTICOS

Juliana de Fátima Franciscani<sup>1</sup>

Diego Martins De Queiroz<sup>2</sup>

**Resumo:** A Inteligência Artificial (IA) apresenta metodologias que colaboram para a construção de sistemas onde há a necessidade de automatização de tarefas. São comumente usadas para problemas que tem um tempo de resposta grande, ou quando não é possível utilizar um método matemático que possa resolver o problema. **Metodologia:** A pesquisa foi realizada mediante estudo teórico. **Resultados:** Entretanto a aplicabilidade de IA traz consigo a complexidade de desenvolver tais aplicações. Técnicas da Inteligência Artificial se apresentam como alternativas as técnicas convencionais utilizadas para o desenvolvimento de sistemas. Algumas das técnicas de IA existentes e que serão descritas no trabalho são: sistemas especialistas, redes neurais, lógica fuzzy, raciocínio baseado em casos e algoritmos genéticos. **Conclusão:** Esta última utiliza de conceitos da genética e da seleção natural para explorar grande quantidade de dados. Estas técnicas serão apresentadas neste trabalho, com foco em algoritmos genéticos.

**Palavras-chave:** inteligência artificial, algoritmo genético Artificial Intelligence: An Approach to Genetic Algorithms

### ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A BOARDING ON GENETIC ALGORITHMS

**Abstract:** Artificial Intelligence (AI) presents methodologies that contribute to the construction of systems where there is a need for automation of tasks. They are commonly used for problems that have a great response time, or when you can not use a mathematical method that can solve the problem. **Methodology:** The research was carried through by means of theoretical study. **Results:** However, the applicability of AI brings the complexity of developing such applications. Artificial Intelligence techniques are presented as alternatives to conventional techniques used for systems development. Some of the existing AI techniques, which will be described in the work are specialist systems, neural networks, logic fuzzy, case-based reasoning and genetic algorithms. **Conclusion:** The latter uses concepts of genetics and natural selection to explore large amounts of data. These techniques will be presented in this paper, focusing on genetic algorithms.

**Keywords:** artificial intelligence, genetic algorithms

## 1. INTRODUÇÃO

Nos tempos modernos as empresas buscam cada vez mais ferramentas que auxiliem nos processos de negócios. Devido à complexidade de obter certas respostas para a tomada de

---

<sup>1</sup> Graduada em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2004). Especialização em Banco de Dados pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU (2006). Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia desde 2009, atualmente trabalha no IFSP - Campus Votuporanga.

<sup>2</sup> Graduado em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário do Cerrado - UNICERP (2011).

decisões, a Inteligência Artificial (IA) é utilizada para auxiliar nesse processo apresentando opções para as empresas. Dentro dessa área existem os Algoritmos Genéticos que utilizam de conceitos da teoria da evolução e da genética para buscar soluções ótimas. O Algoritmo Genético é uma importante ferramenta para a otimização de soluções, assim como para a busca que envolve uma quantidade grande de dados.

O objetivo deste trabalho é estudar aspectos da Inteligência Artificial assim como suas técnicas, com foco nos algoritmos genéticos, descrevendo sua estrutura, os métodos de seleção, os processos de crossover e mutação. Além disso, foca também na descrição de problemas em que são empregados as técnicas de IA. A metodologia utilizada para a estruturação e composição do artigo foi a pesquisa bibliográfica. As informações foram coletadas através de livros, artigos e sites especializados.

## 2. Inteligência Artificial: Breve Histórico e Importância

Os experimentos com Inteligência Artificial começaram, na década de 50, com Warren McCulloch e Walter Pitts, que criaram um modelo de neurônios artificiais [Norvig e Russell 2004]. Os primeiros passos da IA foram bem dados, porém apresentavam limitações (tecnologia da época e as linguagens de programação remotas). Os computadores ainda eram vistos como máquinas que apenas executavam operações matemáticas, e o fato de se ter uma máquina que podia pensar, causava espanto nas pessoas.

Desde então, houve vários progressos na área de Inteligência Artificial, principalmente nas estruturas, fazendo com que houvesse mais resultados positivos no ramo [Norvig e Russell 2004].

A Inteligência Artificial é um ramo que tenta reproduzir em máquinas alguns dos aspectos que são próprios da natureza humana. Quando se fala de Inteligência Artificial, logo vem a imagem do futuro onde robôs fazem todas as coisas que um ser humano é capaz de fazer, com capacidade de pensar e analisar, auto-suficientes. Porém na realidade a IA se tornou algo mais presente na vida das pessoas do que esse pensamento ilusório. Essa visão, de que IA está ligado ao futuro não é verdadeira, ela está presente em vários segmentos da sociedade, seja em casa, no trabalho, na rua e na maioria das vezes passa despercebido.

A produção da inteligência em máquinas é constituída por atos programados, sendo assim, é possível encontrar aspectos inteligentes no cotidiano, como a luz que se acende ao abrir uma geladeira, em jogos eletrônicos, quando aspectos do mundo real são reproduzidos no ambiente virtual e na ação dos personagens que compõem esses jogos. Nos corretores ortográficos seja ele do Word ou no Google, também há neles Inteligência Artificial. [Sato 2009]

Na agricultura é possível prever o comportamento de doenças e pragas, também é possível utilizar um reconhecedor de imagens que é útil para selecionar um fruto bom para ser comercializado enquanto o ruim pode ser redirecionado para outros fins, em ambos os casos é possível através de redes neurais. [de Andrade 2004]

Nos ambientes de tomada de negócios as técnicas de IA são muito utilizadas, como na mineração de dados (data mining), facilitando na análise dos dados e consequentemente no momento de tomar uma melhor decisão para a empresa.

Na medicina existem programas que podem ajudar a diagnosticar um paciente em casos que o problema é grave ou de difícil percepção. Pacientes que estão ligados a algum aparelho, caso ocorra alguma alteração no estado do paciente, alertas são enviados para os médicos, além de robôs que possibilitam a realização de operações a distância. No Brasil, o Hospital Albert Einstein de São Paulo, disponibiliza do Vinci Surgical System que é um robô que é operado a distância por médicos [Einstein].

A Inteligência Artificial se faz presente em várias áreas, e um dos setores em que ela predomina é o de jogos. Os jogos passaram a ser bem complexos para continuar sendo atrativos. E para que isso acontecesse, era preciso investir em tecnologia, e é nesse ponto que entra a Inteligência Artificial. Os jogos apresentam um ambiente com diversos personagens, onde uma ação pode desencadear várias

reações e para que seja possível realizar esse processo de ação/reação é preciso ter esses comandos bem definidos, podendo ser feito por Agentes Inteligentes.

A IA se faz presente também no controle do fluxo aéreo. São muitas aeronaves que movimentam os aeroportos diariamente, isso ocasiona certo congestionamento, onde uma aeronave pode ficar sobrevoando (dando voltas) sobre o aeroporto enquanto outro avião faz a decolagem. Alguns sistemas são utilizados para ajudar o tráfego aéreo, como o OASIS que utiliza vários agentes para solucionar problemas dos aviões, sistema esse utilizado no aeroporto de Sydney, Austrália [Dib et al. 2005] [Proença 2003].

Outra área que se destaca é a robótica, através de robôs é possível ter uma precisão maior de movimentos, além de poderem ir a lugares que seriam perigosos para os humanos como a exploração de um vulcão.

O Google atualiza sua base de dados através do crawler<sup>1</sup> Googlebot, este robô acessa todos os dias diversos sites e coleta as informações dos mesmos. A ordem da exibição de

---

<sup>1</sup> Crawlers são programas que automaticamente vasculham páginas Web para colher informações que podem ser analisadas e mineradas em um local on-line ou off-line.

consultas do Google acontece através de um sistema chamado de Page Rank<sup>2</sup> que faz a classificação dos sites. [de Magalhães]

IA está presente no comércio eletrônico através dos agentes inteligentes. Os agentes facilitam o acesso dos consumidores a produtos dos fornecedores. Um exemplo é o Bargain Finder, onde o agente faz a busca de um produto em diversos fornecedores e retorna para o usuário o fornecedor que tem o produto com o menor preço. A desvantagem nesse agente é que ele não avalia se o fornecedor dispõe de assistência técnica, garantia e formas de pagamento. [de Avelar Lopes Cardoso].

Além das áreas citadas, a IA também está presente em sistemas utilizados para bolsa de valores, no marketing direcionado, em sistemas de controle e em outros tantos setores.

### **3. TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

A área da Inteligência Artificial é composta por diversas técnicas, algumas serão apresentadas neste tópico como: algoritmos genéticos, lógica fuzzy, redes neurais, agentes inteligentes e conhecimento baseado em casos.

#### **a) Algoritmo Genético**

A técnica do Algoritmo Genético (AG) é fundamentada na evolução natural de Darwin, onde os indivíduos mais aptos sobrevivem. O AG é método de busca por soluções baseado em probabilidades, ele não alcança uma solução perfeita, mas procura uma solução bem próxima dela. Além da evolução natural, outros conceitos da biologia são aplicados nos algoritmos genéticos como o crossover, que consiste na troca de informações de um indivíduo com outro, e mutação, onde um indivíduo sofre uma alteração na sua composição, além da seleção. Este assunto será mais detalhado na seção 4. [Norvig e Russell 2004]

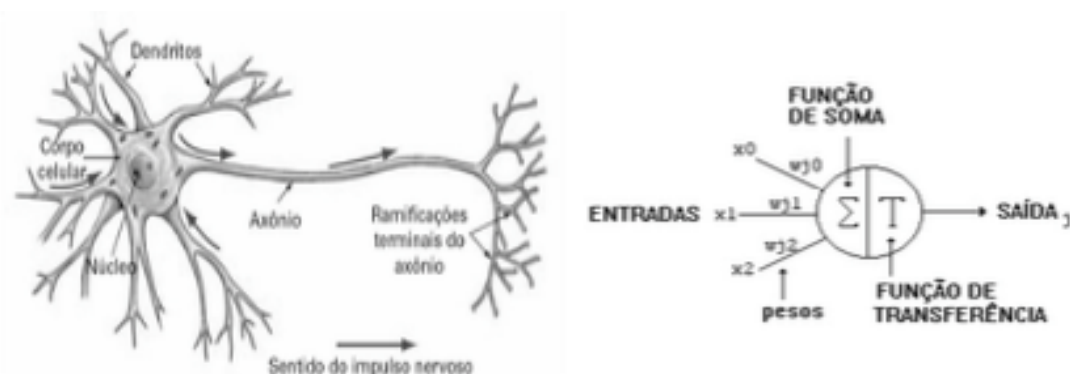
#### **b) Rede Neural**

Uma rede neural é uma técnica que utiliza como base a estrutura dos neurônios. Assim como um neurônio biológico e o neurônio computacional (representados na Figura 1) recebe

---

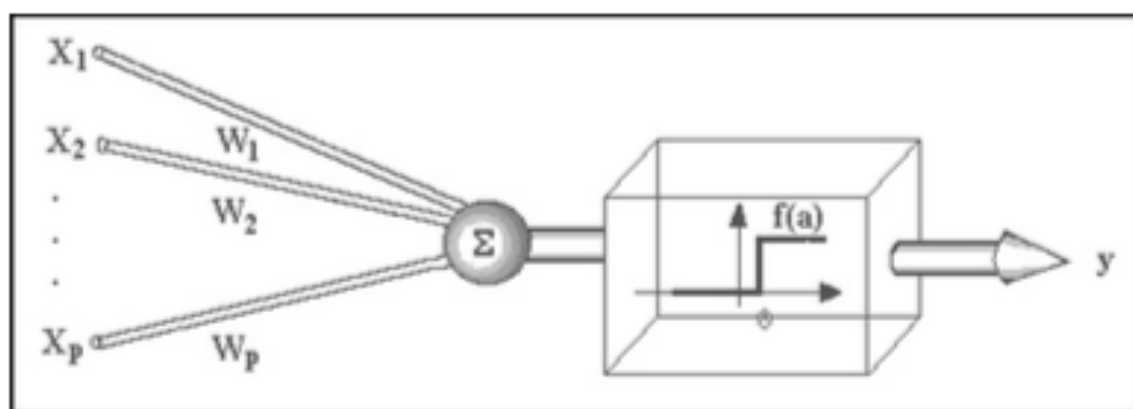
<sup>2</sup> O Google Pagerank é um software patenteado pela empresa, cujo objetivo é melhorar a qualidade dos resultados das pesquisas efetuadas no motor de pesquisa Google.

um estímulo, que no caso de computadores é um valor de entrada, e após esse estímulo há um processamento dessa informação recebida, e depois de processada gera uma resposta.



**Figura 1:** Representação de um Neurônio Biológico e de um Neurônio Artificial

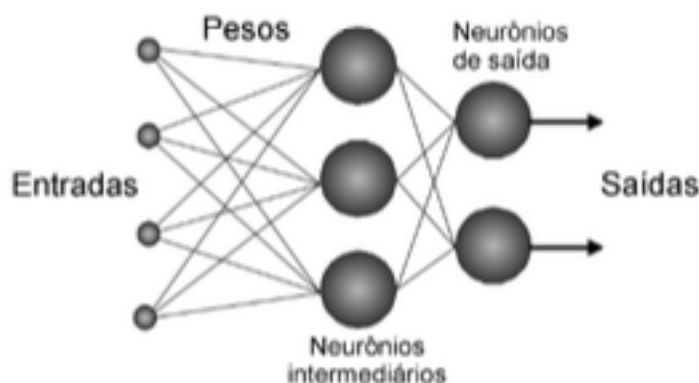
As redes neurais tiveram seu início na década de 40 e o primeiro projeto foi feito por McCulloch e por Walter Pitts. Tal projeto foi baseado nas células nervosas que simulavam o comportamento de um neurônio. Desde então as redes neurais evoluíram bastante e com a complexidade dos problemas aumentou-se também a dificuldade no processo de implementação. A Figura 2 demonstra o modelo de uma rede neural proposto por McCulloch e Pitts. Os valores de entrada são representados pelo  $x$ , que são multiplicados pelos pesos, representados pela letra  $w$ . Após isso os valores são somados e passados pela função de transferência. Feito isso, o valor da soma é usado na função de transferência que vai retornar o valor de saída podendo ser 0 ou 1.



**Figura 2:** Rede Neural Artificial

Fazendo uma analogia do neurônio biológico com o artificial, os dendritos responsáveis por receberem os estímulos, representam os valores de entrada (letra  $x$ ). A ligação dos dendritos com o corpo celular é representado pelos pesos (letra  $w$ ). No corpo celular onde ocorre o processamento dos estímulos seria o mesmo da função soma.

No modelo de McCulloch e Pitts foi representado apenas um neurônio na rede neural, porém, o cérebro humano é constituído por vários neurônios interligados, onde um neurônio recebe um estímulo, processa e gera estímulo para outro neurônio. Logo, foi criado o modelo multicamadas, em que vários neurônios artificiais estão ligados. O modelo de rede neural artificial multicamadas pode ser visualizado na Figura 3.



**Figura 3: Rede Neural Artificial Multicamadas**

### c) Agente Inteligente

Segundo Norvig e Russell (2004), um agente é qualquer coisa que utiliza de sensores para perceber o ambiente em que se encontra e de realizar alguma ação através de seus atuadores. Um ser humano possui olhos, mãos como sensores e atuadores respectivamente. Essas mesmas características em um robô poderiam ser representadas por câmeras e motores.

Têm-se ainda os agentes racionais que procuram agir de forma sempre correta, onde fazer o certo significa agir de maneira que a ação obtenha êxito. As ações que um agente realiza devem ser avaliadas para saber o quanto eficiente é o agente, para isso, utiliza-se de medidas de desempenho, que vão fazer essa avaliação. O local onde os agentes realizam determinadas ações chama-se ambiente. Esse conjunto de definições que cercam o agente pode ser resumido pela sigla PEAS (Performance, Environment, Actuators, Sensors) que são desempenho, ambiente, atuadores, sensores. Um exemplo de agente pode ser visualizado na Tabela 1.

**Tabela 1: Exemplo de Agente**

Tipo de Agente	Medida de Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
Motorista de táxi	Viagem segura, rápida, dentro da lei, confortável. Maximizar lucros.	Estradas, tipos de tráfego em geral, pedestres e clientes	Direção, acelerador, freio, sinal, buzina, visor	Câmeras, sonar, GPS, velocímetro, sensores do motor, hodômetro, acelerômetro, teclado.

Segundo Norvig e Russell (2004), os agentes podem ainda ser classificados sob a forma que suas ações são feitas, descritos a seguir:

- . Agentes reativos simples - é o agente mais simples de todos, basicamente ele recebe uma entrada (que são as informações do ambiente no momento, captada através de sensores) e executa a ação pré-definida.
- . Agentes reativos baseados em modelo - esse tipo de agente armazena informação do ambiente no momento, sendo assim, quando houver a percepção do ambiente, ela será comparada com o estado anterior e através de um conjunto de regras efetuará uma determinada ação. Após isso é atualizado a informação do ambiente para a última recebida.
- . Agente baseados em objetivos - possui as mesmas características do agente baseado em modelo, porém antes de fazer uma ação, o agente analisa qual mudança no ambiente uma determinada ação pode acarretar e escolhe a ação que melhor se encaixa no objetivo do agente.
- . Agente baseados na utilidade - apresenta as mesmas etapas do agente baseado em objetivo, entretanto, antes de realizar uma ação, é verificado o quanto essa ação é feliz, onde feliz pode ser considerado o grau de sucesso da ação. Essa verificação do quanto uma ação é feliz é feita por uma função de utilidade. Feito essa verificação, o agente faz a ação que melhor condiz com o ambiente.

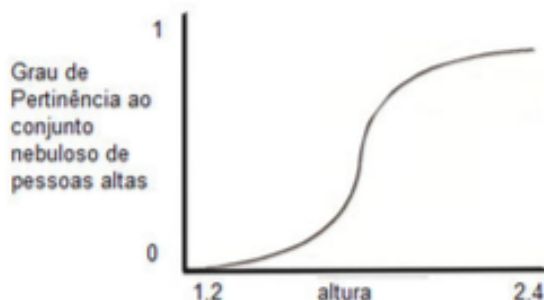
#### **d) Lógica Fuzzy**

A Lógica Fuzzy, também chamada de Lógica Nebulosa trabalha com conjuntos de valores para criar padrões de respostas. A Lógica Nebulosa utiliza de lógicas polivalentes, que ao contrário das lógicas bivalentes que possuem apenas dois valores para representar uma resposta, que são verdadeiro ou falso, a Lógica Fuzzy apresenta termos intermediários para dar uma resposta. Os termos intermediários não dizem se são verdadeiros ou falsos, apenas representam o quanto verdadeiro é aquele valor. [Coppin 2010]

Um exemplo da Lógica Fuzzy, por Coppin (2010), pode ser dado pela altura das pessoas. Uma pessoa com 2,4m é considerada alta e uma pessoa com 1,2m é considerada baixa, mas e uma pessoa com 1,75m? Essa pergunta poderia ter diversas respostas.

Na Figura 4, o eixo x do gráfico representa a altura das pessoas, enquanto no eixo y tem os valores indicando o quanto uma altura é verdadeiramente alta (1) ou é verdadeiramente

baixa (0) e os valores intermediários (0 a 1). Sendo assim, um determinado valor pertence a um conjunto de valores até certo valor.



**Figura 4:** Gráfico Representativo relacionado à Função para o conjunto de pessoas altas

Ainda tem-se o conceito de modificadores que criam conjuntos dentro de um conjunto. Tomando o exemplo citado, haverias dentro do conjunto de pessoas altas, os conjuntos de pessoas muito altas, razoavelmente altas ou pouco altas. Caso aconteça a entrada de um valor que não está presente em nenhum conjunto pode acabar alterando todas as possíveis respostas, visto que possa ser preciso redefinir as conclusões feitas a partir de determinados valores. Ainda citando o exemplo da altura das pessoas, se entrasse um valor que possuísse altura de 2,45m, seria preciso redefinir os conjuntos e os subconjuntos. [Coppin 2010].

A Lógica Fuzzy possui aplicações para sistemas de apoio à decisão que processam diversas informações, onde o conhecimento de uma determinada situação é passada para o sistema e assim quando algum valor de entrada for passada para a aplicação ela irá retornar alguma conclusão sobre aquele tipo de entrada. [Rezende 2005].

#### e) Raciocínio Baseado em Casos

Raciocínio baseado em casos é um método que tenta encontrar soluções de problemas que já foram resolvidos para novos problemas. O sistema de Raciocínio Baseado em Casos armazena as informações dos problemas solucionados além de registrar se a solução encontrada para tal problema obteve bons resultados. Este tipo de sistema procura por problemas que ainda não foram vistos, de forma que quando encontrado um novo problema, ele busque na sua memória por situações que contenham características semelhantes ao problema novo. Depois de encontrada uma solução já usada, a mesma é alterada para atender as necessidades do problema encontrado e após isso são salvas as informações do

problema com sua respectiva solução e se ela obteve sucesso ou não. Para que o sistema de raciocínio baseado em casos possa obter bons resultados ele precisa ter as informações de cada problema e suas soluções bem detalhadas para que ele consiga distinguir um caso de outro, além de identificar



semelhanças de caso para caso. Sistema Baseado em Casos é bem útil para resolver problemas, quanto mais

casos forem encontrados e suas respectivas soluções obtiverem sucesso, melhor é a qualidade do sistema. Isso porque quanto mais problemas o sistema identificar, mais casos e consequentemente mais resoluções serão encontradas. Entretanto, quanto mais casos, mais informações são salvas na memória e com isso, pode acarretar lentidão na busca de soluções. Uma sugestão sugerida é que apenas as soluções com sucesso sejam armazenadas e as que não foram bem-sucedidas sejam apagadas.

O sistema de raciocínio baseado em casos é comumente utilizado em sistemas especialistas, assim como em jogos. No jogo de damas, por exemplo, o sistema pode armazenar apenas as melhores soluções para cada problema encontrado [Coppin 2010].

#### 4. Algoritmos Genéticos

O nome Algoritmo Genético (AG) originou-se da junção de computação com genética, ou seja, por se tratar de um método computacional com base na biologia, mais precisamente na genética e na seleção natural. Termos como seleção, crossover e mutação são utilizados na técnica do AG.

O Algoritmo Genético é uma técnica baseada na evolução natural dos seres vivos. Segundo Charles Darwin, responsável pela teoria da evolução, os indivíduos que conseguem sobreviver as adversidades que encontram no ambiente que habitam, podem gerar indivíduos mais fortes, mais aptos. Sendo assim, apenas tais indivíduos, mais aptos, conseguem sobreviver.

A técnica do AG possui uma estrutura que parte de uma população inicial que pode ser dada de forma randômica, após isso, os indivíduos são selecionados, passados pelos métodos de crossover e mutação. É muito comum utilizar o AG para problemas em que o espaço de busca é muito grande ou quando é difícil

desmembrar o problema em pequenas partes a ponto de ter uma solução exata para os mesmos. Trabalha com soluções ótimas, o que não significa que ele vai encontrar a solução perfeita, e sim a solução mais próxima. O que vai determinar a qualidade dos resultados obtidos nas gerações do AG será a forma em que a função de avaliação (função que avaliará o indivíduo) foi implementada, quanto mais detalhes a respeito do problema forem inseridas, melhores serão as respostas.

Um algoritmo genético é representado através de uma estrutura padrão que é composta por uma população inicial, que passa pelos processos de seleção, crossover, mutação e pela reinserção na população, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5: Estrutura do Algoritmo Genético

É possível utilizar os algoritmos genéticos para qualquer problema que precise de melhoria ou para problemas de busca. Existem diversas aplicações que usam AG, como: alocação de recursos (por ser um problema complexo, em que vários parâmetros entram em conflitos); definição de rotas (possibilidade de busca e elaboração de caminhos diversificados). No setor petrolífero é muito importante a utilização dos algoritmos genéticos, para definir métodos de produção, possibilitando assim um retorno financeiro maior. Os AGs também podem ser aplicados na medicina (visando combinações e cruzamentos de possíveis diagnósticos), na parte da logística e distribuição de uma empresa, em sites de busca (otimizando e personalizando os resultados de acordo com as informações fornecidas ou destacadas pelo usuário). [Linden 2008]

A seguir, serão apresentados os principais passos que compõe os algoritmos genéticos de acordo com Linden (2008): Representação do Indivíduo, População Inicial, Avaliação, Seleção, Crossover, Mutação, Avaliação de Indivíduo Filho, Geração de Nova População e Critério de Parada.

#### a) Representação do Indivíduo

Para que os indivíduos possam ser avaliados e possam passar pelos processos que vão gerar os filhos, anteriormente, estes devem ser representados de alguma forma. Essa representação deverá ser a forma do indivíduo para o problema computacional. A representação mais utilizada é a binária, devido a sua facilidade de implementar e manusear

as operações. Mas também existem outras formas de representação, como os números reais. A representação escolhida deve ser feita de maneira que ela se torne conveniente para o problema.

b) População inicial

Normalmente a inicialização da população se dá através de sorteios de indivíduos. Pode acontecer de ter indivíduos repetidos, porém não é muito comum devido ao fato de AG ser utilizado em um espaço de busca muito grande. O ideal seria dividir o espaço de busca em partes e sortear indivíduos de cada parte, para possibilitar que a população se torne a mais variada possível. Assim, quando esses indivíduos estiverem sujeitos ao crossover e a mutação (descritos a seguir), mais diversificados serão os indivíduos gerados e provavelmente com uma melhor qualidade de resposta ao problema.

c) Avaliação (Fitness) Depois de inicializados, todos os indivíduos da população são passados por

uma avaliação. A função de avaliação determina quão bom um indivíduo é, que representa uma possível solução para o problema, é para a situação. Para que a função retorne uma boa solução é preciso que seja embutido nela o máximo de informações possível do problema.

d) Seleção

Após a avaliação, geralmente os indivíduos (pais) que irão dar origem as próximas gerações (filhos) são selecionados. A seleção segue o conceito da seleção natural, onde os indivíduos mais aptos, com melhores capacidades de reprodução. No AG os indivíduos com um valor de avaliação melhor, serão selecionados. Entretanto, indivíduos com menor aptidão podem participar do processo de seleção para gerar indivíduos filhos, assim como acontece na natureza.

De acordo com Linden (2008), o método de seleção de pais para a geração de indivíduos filhos é fundamental no processo do AG. As escolhas de indivíduos poderão alterar o resultado final. Os métodos mais comuns para fazer a seleção dos indivíduos são os métodos da roleta, do torneio e do ranking, descritos a seguir.

Método de Torneio

O método do torneio é feito através do sorteio de vários indivíduos que vão concorrer entre si. Para isso, estipula-se uma porcentagem da população de indivíduos total que vão passar pela seleção. Em seguida é definido o tour, que é a quantidade de indivíduos sorteados que competirão. Sorteia-se os indivíduos e aquele que tiver melhor aptidão no seu tour, passa para as etapas seguintes do AG.

Para fazer parte da competição são necessários no mínimo dois indivíduos, o valor máximo de membros para participar pode ser a mesma quantidade da população total.

Este é um método que favorece a todos os indivíduos, independente de suas características. A vantagem dos indivíduos com melhores aptidões está presente apenas no momento da competição, onde o melhor é selecionado. A probabilidade de ser sorteado é mesma entre os indivíduos da população. A representação de tal método pode ser visualizada na Figura 6.

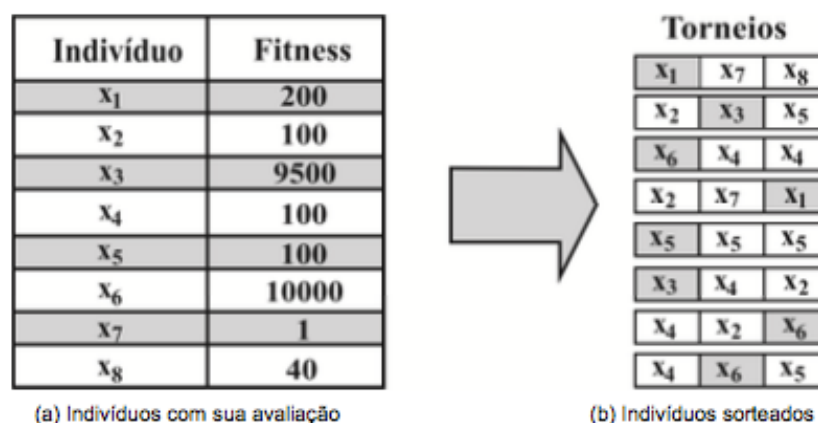


Figura 6: Exemplo do método do torneio em que o  $tour = 3$

Na Figura 6(a) encontra-se os indivíduos com seus respectivos valores de avaliação, já na Figura 6(b) é representado o torneio composto por três indivíduos competindo entre si. O que possuir a melhor avaliação (fitness) é selecionado, no caso, os índices escuros são os indivíduos com melhores aptidões e que serão selecionados. Quanto maior for a quantidade de indivíduos competindo entre si, maior será a probabilidade de ter o indivíduo com maior valor da função de avaliação.

O método de torneio se torna bem eficaz, por dar uma oportunidade maior de indivíduos com menos aptidão, e que podem ter alguma característica boa em sua composição, participar do processo de geração de filhos.

#### Método da Roleta

É um método que favorece os indivíduos com melhores aptidões, porém os indivíduos com qualidades inferiores também podem participar do processo, porém com menor probabilidade.

O método funciona da seguinte maneira: verifica-se a porcentagem da avaliação de cada indivíduo em relação ao todo. Essa mesma porcentagem pode ser utilizada para definir a quantidade de casas que esse indivíduo vai ter numa roleta, variando de 0 a 360.

Após estabelecidas as porcentagens de cada indivíduo, é determinado os limites que cada indivíduo vai ocupar na roleta. Feito isso, sorteia-se um número na roleta, que pode ser um número entre o intervalo de 0 a 100 (correspondente a

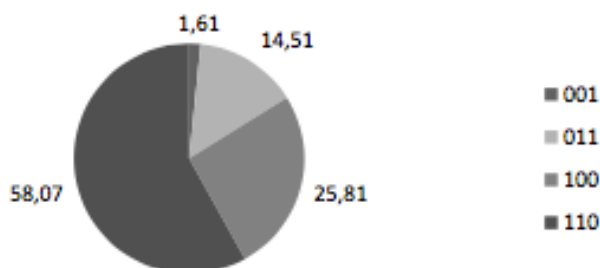
porcentagem de cada indivíduo) ou de 0 a 360 (correspondente aos graus da roleta). Pode ser feito também uma normalização no intervalo, indo de 0 a 1, para isso poderia utilizar das porcentagens de cada indivíduo para representar o intervalo que ocupa na roleta. O número sorteado representará um dos indivíduos.

Como exemplo, pode-se observar na Tabela 2, em que os indivíduos tiveram suas representações por binários, e vão ocupar uma parte da roleta através da porcentagem que suas avaliações representam para o total. Através dessa porcentagem é possível determinar também os graus que um indivíduo ocupa da roleta.

**Tabela 2: Representação do Método de Seleção por Roleta**

Indivíduos	Avaliação	Pedaço da Roleta (%)	Pedaço da Roleta (°)
0001	1	1.61	5.8
0011	9	14.51	52.2
0100	16	25.81	92.9
0110	36	58.07	209.1
Total	62	100.00	360.0

Os indivíduos, representação na Tabela 2, ficariam distribuídos na roleta de acordo com a Figura 7.



**Figura 7: Representação da distribuição dos Indivíduos na Roleta**

Por se tratar de um método que favorece os indivíduos com melhores aptidões e também possibilita que indivíduos menos aptos participarem do processo de geração de filhos, o método da roleta é o mais utilizado. [Linden 2008]

#### e) Crossover

Depois de selecionar os indivíduos pais, alguns indivíduos passarão pelo crossover. Este é um dos principais métodos para a contribuição de novos indivíduos. Também chamado por cruzamento ou recombinação, este mecanismo é responsável por realizar a troca de

informações entre os indivíduos de forma que novos indivíduos sejam gerados a partir dessa recombinação de informações. [Matos 2007]

A troca de informações pode ser feita de três formas que são: ponto único, ponto duplo e de forma aleatória, descritos abaixo.

**Crossover de um ponto:** Neste método sorteia-se um ponto de corte aleatório. Através desse corte os indivíduos ficam divididos em duas partes. A recombinação é feita pela junção da primeira parte do primeiro indivíduo com a segunda parte do segundo indivíduo. E a segunda parte do primeiro indivíduo com a primeira parte do segundo indivíduo. Na Figura 8(a) pode-se observar o ponto onde os indivíduos pais foram cortados, e a Figura 8(b) representa os novos indivíduos gerados após o crossover.

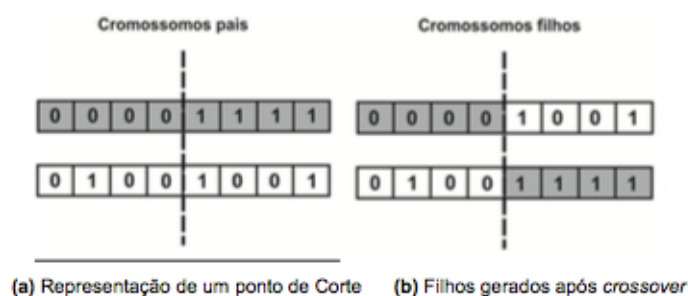


Figura 8: Representação de Crossover de Um Ponto

**Crossover de Dois Pontos:** Segundo de Oliveira Rosa e Luz (2009), no crossover de dois pontos são escolhidos dois pontos de cortes. Assim o indivíduo fica dividido em três partes. O cruzamento dos indivíduos é feito pela combinação da primeira e terceira parte do primeiro indivíduo com a segunda parte do segundo indivíduo e pela primeira e terceira parte do segundo indivíduo com a segunda parte do primeiro indivíduo. Se o ponto sorteado for o ponto inicial ou o final, deve ser feito o sorteio novamente. A Figura 9 apresenta o crossover de dois pontos.

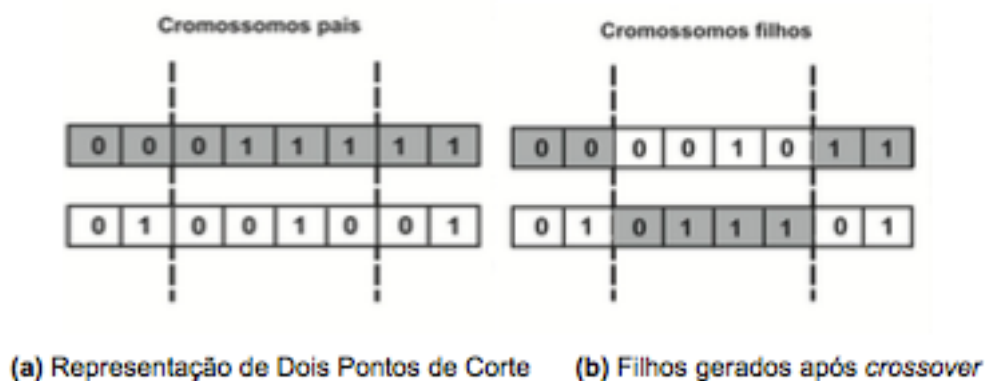
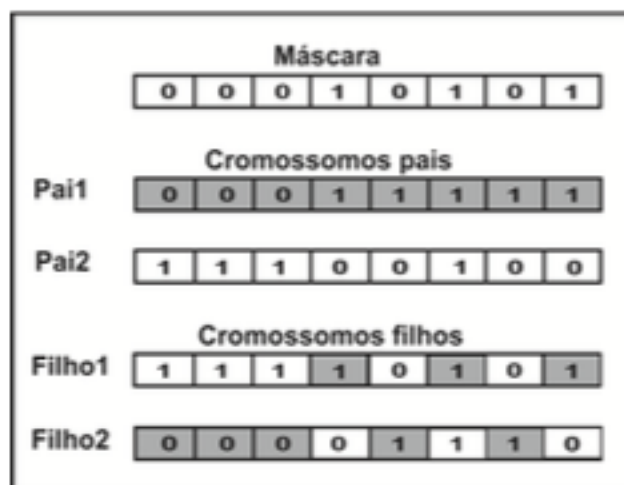


Figura 9: Representação de Crossover de Dois Pontos

**Crossover aleatório:** No crossover de ponto aleatório utiliza-se uma máscara, onde através dela os novos indivíduos são formados. O crossover deste método é feito da seguinte forma: onde tiver uma determinada informação da máscara, ela será substituída pela informação de

um dos pais. A Figura 10 representa o crossover de pontos aleatórios de indivíduos que possuem representação binária.



**Figura 10: Crossover de Corte Aleatório**

Na Figura 10 o indivíduo Filho1 foi formado da seguinte forma: onde tinha números 0 da máscara foi substituído pelo valor do indivíduo Pai2 e onde tinha números 1, substituído pelo indivíduo Pai1. O indivíduo Filho2 foi formado pelo processo inverso [de Oliveira Rosa e Luz 2009].

#### **f) Mutação**

Após o crossover é feito o processo de mutação, onde um ou mais indivíduos (dos que foram selecionados) são modificados. Essa técnica é utilizada para possibilitar ainda mais a diversidade de indivíduos na população.

A mutação caracteriza-se por realizar uma mudança na composição do indivíduo. Consegue gerar novos indivíduos que poderia não acontecer com o crossover, com isso a mutação garante que os indivíduos no final de uma geração não sejam os mesmos que iniciaram. [Pozo et al. ]

De acordo com de Oliveira Rosa e Luz (2009), existem algumas maneiras de realizar a mutação, dentre elas pode-se citar:

- Mutação aleatória - que consiste em alterar um valor do indivíduo aleatoriamente. A Figura 11 mostra o indivíduo antes de sofrer a mutação, e o índice mais escuro representa a parte alterada.



**Figura 11: Exemplo de Mutação Aleatória**

- . Mutação por troca - nesse tipo de mutação sorteiam-se algumas posições do indivíduo e depois inverte os valores. Na Figura 12, pode ser observado o indivíduo antes da mutação, e após a mutação, onde a terceira e quinta posições foram sorteadas.

- . Avaliação de Indivíduos Filhos

g) Após o crossover e mutação novos indivíduos são gerados, e logo há a necessidade de submetê-los à função de avaliação.

h) Geração da Nova População

Depois de avaliados os indivíduos filhos, estes são agrupados aos indivíduos da população inicial e uma regra é aplicada para que seja selecionada uma quantidade de indivíduos para a próxima geração. Normalmente são selecionados os indivíduos que possuem melhor avaliação.

i) Critério de Parada

Define-se o número de gerações máximas permitidas e o processo continua enquanto a quantidade de gerações não tiver sido atingida, ou enquanto não alcançar o indivíduo que satisfaça o problema, ou ainda, por limite de tempo.

## 5. CONCLUSÃO

A Inteligência Artificial está presente no dia-a-dia das pessoas e muita das vezes passa despercebida por nossos olhos, como no caso do uso de um site de busca para consulta na Internet, corretores ortográficos, jogos de videogames, entre outros. Utiliza-se de várias técnicas para que a sua inserção possa ocorrer em várias áreas de aplicação, como na medicina, agricultura, entretenimento, logística, entre outros.

A Inteligência Artificial pode estar presente desde sistemas considerados mais simples até sistemas complexos, aonde o uso de uma determinada técnica vai depender do problema encontrado. A utilização da técnica certa para um problema faz com que a probabilidade de obter sucesso na aplicação seja maior.

A técnica de Algoritmo Genético demonstra ser importante em casos de definição de rotas, sendo capaz de explorar um espaço de busca grande, apresentando um bom resultado. O Algoritmo Genético também é eficaz no uso de aplicações para planejamento de sistemas hidrotérmicos, em que este é utilizado para otimização do emprego de recursos hídricos em um intervalo de tempo.



Com isso, pode-se observar que a Inteligência Artificial está presente em diversos setores, simplificando tarefas que eram feitas por humanos e hoje podem ser feitas por máquinas tendo uma maior eficiência e tempo de resposta mais rápido.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G. de. **Uso da inteligência artificial na agricultura**, (2004).

<http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=7556>, acessado em agosto de 2011.

CARDOSO, H. D. de Avelar Lopes. **Sistema Multi-Agente para Comércio Eletrônico**.

<http://paginas.fe.up.pt/~niadr/RESEARCH/SMACE/relatorio.html>, acessado em dezembro de 2011.

COPPIN, B. **Inteligência Artificial**. LTC, Rio de Janeiro, 2010.

DIB, M. V. P., CARDOSO, D. A., e Weigang, L. **Sistema para sincronização e gerenciamento de fluxo de tráfego aéreo multi-agentes**. 2005,

<http://www.revistatransportes.org.br/index.php/anpet/article/view/91/80>, acessado em agosto de 2011.

EINSTEIN, H. A. **Cirurgia Robótica**. <http://www.einstein.br/Hospital/cirurgia/cirurgia-robotica/Paginas/cirurgia-robotica.aspx>, acessado em setembro de 2011.

GONÇALVES, R. **Sistema Nervoso**, 2010.

<http://profrobertabiologia.blogspot.com/2010/10/sistema-nervoso.html>, acessado em agosto de 2011.

LINDEN, R. **Algoritmos Genéticos. Uma importante ferramenta da Inteligência Artificial**. Brasport Livros e Multimídia Ltda, 2009.

MAGALHÃES, T. M. de. **O Motor De Busca Google E O Algoritmo Pagerank**.

<http://www.fsd.edu.br/revistaeletronica/artigos/artigo35.pdf>, acessado em dezembro de 2011.

MATOS, R. D. D. **Utilização de Algoritmo Genético para Resolução do Problema de Geração de Horários**, 2009. <http://www2.dc.uel.br/nourau/document/?view=590>, acessado em maio de 2011.

NORVIG, P. e Russell, S. **Inteligência Artificial**. 2004.

POZO, A., de Fátima Cavalheiro, A., Ishida, C., Spinosa, E., e Rodrigues, E. M.

PROENÇA, H. P. M. C. **MARCS - Sistema Multi-Agente para Controle de Tráfego Ferroviário**, 2003. <http://www.di.ubi.pt/~hugomcp/doc/tese.pdf>, acessado em agosto de 2011.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Manole Ltda, 2005.

ROSA, T. de Oliveira; Luz, H. S. **Conceitos Básicos de Algoritmos Genéticos: Teoria e Prática**, 2009.

SATO, P. **O que é inteligência artificial? Onde ela é aplicada?** 2009.

<http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/fundamentos/inteligencia-artificial-onde-ela-aplicada-476528.shtml>, acessado em agosto de 2011.