Uma Proposta de Algoritmos Genéticos para a Resolução do Problema das 8 Rainhas

Valdirene Neves , Douglas Mendes de Brito, Moisés Lima, Raurício Mendes, Fabiano Fagundes

Curso de Sistemas de Informação – Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)
Av. Teotônio Segurado, 1501 Sul – Caixa Postal 160 – 77054970 – Palmas –TO - Brasil
{ linkinsystem666, douglas44, mozart08, rauriciomendes}@gmail.com, fagundes@ceulp.edu.br

***Resumo**: O problema das 8 rainhas consiste em dispor, entre as 64 casas de um tabuleiro de xadrez, oito rainhas de tal forma que nenhuma venha a ficar posicionada no campo de ataque de outra peça. Apesar de parecer bem simples e possuir mais de 90 soluções diferentes, na prática não é tão fácil assim, pois a rainha é o elemento do xadrez que possui a maior mobilidade do jogo. Este artigo busca resolver esse problema com técnicas de computação na área de Inteligência Artificial, mais precisamente, a técnica de Algoritmos Genéticos.*

Palavras-chaves: Algoritmos Genéticos, Inteligência Artificial, 8 Rainhas, Plataforma .NET e C#.

1 Introdução

Com o avanço da ciência e da tecnologia, o homem fica cada vez mais perto de criar computadores que sejam capazes de realizar tarefas que hoje são exercidas apenas por seres humanos, como o ato de pensar. A Inteligência Artificial (IA) é a área da Ciência da Computação que busca entender o funcionamento da mente e fazer com que o computador consiga raciocinar de forma semelhante.

Levine (1988, p. 3) define IA como uma maneira de fazer o computador pensar de forma inteligente. Isto é, fazer com que o computador seja capaz de tomar decisões e resolver problemas simulando o funcionamento da mente humana. Na definição de Rich (1993, p. 3), IA seria o estudo de como fazer o computador desempenhar tarefas, que seres humanos realizam melhor.

Existem várias técnicas de Inteligência artificial, mas primeiro, deve-se saber o que vem a ser uma técnica de IA, segundo Rich (1993, p. 9), é um método que procura o conhecimento de um determinado contexto, propondo as possíveis soluções existentes. Essas técnicas podem ser usadas em inúmeras situações. Também devem fornecer uma estrutura que permita facilmente a correção de erros. As técnicas mais populares são: Algoritmos Genéticos, Redes Neurais e Lógica Fuzzy.

i. Algoritmos Genéticos: Segundo Silva (2007 apud FERNANDES, 2003) "[...] são métodos adaptativos que podem ser usados para resolver problemas de busca e otimização";

ii. Redes Neurais: "Redes neurais artificiais são sistemas de processamento paralelo e distribuído constituídas de unidades de processamento, denominadas

neurônios, dispostas em uma ou mais camadas interligadas por conexões, denominadas sinapses, geralmente unidirecionais"(2000, apud ROCHA,2007, p. 2);

iii. Lógica Fuzzy: Segundo Artero (2009, p. 107), a lógica difusa propõe que no lugar de utilizar um operador exato (verdadeiro ou falso) sejam utilizados variações entre 0.0 (sem chance de ocorre) e 1.0 (certeza absoluta de ocorrer).

2 Algoritmos Genéticos

Segundo Rosa (2009), Algoritmo Genético (AG) é uma técnica de Inteligência Artificial (IA) que busca otimizar a solução de problemas complexos. Esta técnica tem seus conceitos e fundamentos na genética e nas teorias de evolução e de seleção natural de Charles Darwin. De acordo com Silveira (1998, p.5) os AG são compostos por:

· Indivíduo: é uma possível solução parcial para o problema, podendo ser representados por strings.

· População: é o conjunto total de indivíduos.

· Operadores genéticos: são funções que se aplicam à população para se obter outra população.

· Função de fitness: é o guia para se obter novas populações e parâmetro dos operadores.

Para um bom entendimento do funcionamento de um AG, é interessante fazer uma analogia à evolução das espécies, em que as espécies mais fortes sobrevivem. Dessa forma, pode-se começar a compreender AG desta forma:

- Primeiramente gera-se, aleatoriamente, um conjunto de indivíduos, que podem ser possíveis soluções para o problema. "Nos algoritmos genéticos as variáveis de indivíduos são codificadas em cadeias de longitude finita (formadas normalmente por dígitos binários) as quais são análogas aos cromossomos em um sistema biológico". Davis (1991 apud SILVEIRA, 1998). De acordo com Carvalho (2006), cada posição de um vetor representa uma coluna para resolução do problema. Se o valor da posição for 1, a coluna foi selecionada e faz parte da solução em potencial, caso contrário, a coluna não fará parte da solução em pontencial. A figura 1 representa um exemplo dessa codificação.

1	0	1	1	0	0

Figura 1-Exemplo de codificação, onde as colunas 1, 3 e 4 são escolhidas e fazem parte da solução.

- Após essa primeira fase, são atribuídos valores de aptidão a cada um desses indivíduos; quanto mais alto for esse valor, mais apto o indivíduo será para resolver o problema em questão.(ou, pode-se considerar que quanto menor esse valor, mais apto o indivíduo será.)

- Avaliados esses valores, uma quantidade de indivíduos é descartada, enquanto que os mais aptos são mantidos.

- Os indivíduos considerados aptos que passaram para a próxima fase, sofrem modificações em sua estrutura, por meio de mutações, cruzamentos (cross-over) e recombinação genética, gerando novos indivíduos. Este processo é repetido até que seja encontrada a solução mais eficiente.

2.1 Operadores Genéticos

"Os operadores genéticos têm por objetivo realizar transformações em uma população, fazendo com que, a cada nova geração, indivíduos cada vez mais capazes sejam criados, contribuindo assim para que as populações evoluam a cada nova geração." (ROSA, 2009, p.2). Esses operadores são classificados em: inicialização, função de aptidão, seleção, cruzamento, mutação, atualização e finalização. Dentre estes operadores os mais importantes para a busca da melhor solução são os de seleção, cruzamento e mutação.

Inicialização

Com este operador é gerada a população inicial. Isso pode ser feito de duas formas, a primeira segue padrões de aleatoriedade, ou seja, os cromossomos são gerados randomicamente, sendo agrupados em espécie; uma outra maneira segue padrões determinísticos, ou seja, os cromossomos são gerados de acordo com funções heurísticas. Inicializar de forma aleatória é mais interessante por gerar uma maior variabilidade genética e, consequentemente, uma probabilidade maior de possíveis soluções.

Segundo Rosa (2009), após a criação dessa população inicial de cromossomos, é necessário a sua avaliação, por ser esta uma fase importante para obtenção dos resultados esperados.

Função de Aptidão

Rosa (2009) relata que, assim como no mundo real, a aptidão é desenvolvida de acordo com o ambiente em que o indivíduo vive, e se este não estiver apto a viver em determinado ambiente, rapidamente será extinto. Logo, na busca por uma solução para o problema deve-se atentar para os indivíduos da população que são mais propícios a constituir esta solução.

Ainda seguindo as palavras de Rosa (2009), esta é a única etapa de AG que não é genética. Essa etapa é o único elo entre o AG e o problema proposto, sendo que a função de aptidão deve ser específica para cada problema. "[...]a função de aptidão é definida de acordo com outros membros da atual população em um algoritmo genético Lima (2008, p 13 apud ROSA, 2009, p.3). Essa aptidão também é conhecida como genótipo, de acordo com Silva (2007).

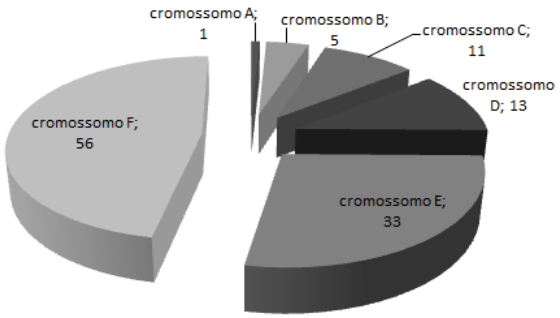
> "Para cada coluna selecionada no cromossomo, o valor correspondente a cada um dos objetivos é acumulado na estrutura do cromossomo, gerando o custo total de cada objetivo. Ao avaliar o cromossomo testa-se se as colunas selecionadas cobrem todas as linhas (tarefas), ou seja, se o cromossomo realmente representa uma solução em potencial.". (CARVALHO, 2006, p. 4)

Seleção

De acordo com Carvalho (2006), o processo de seleção é uma filtragem com o objetivo de escolher os indivíduos que são capazes de gerar melhores cruzamentos. Rosa (2009) apresenta três maneiras de fazer a seleção dos indivíduos, são elas: roleta, torneio e dizimação.

i. Roleta:

"Nesta técnica, a seleção dos cromossomos ocorre de forma proporcional ao seu valor de aptidão, sendo que os cromossomos de uma população são representados em uma roleta, onde ocupam um espaço proporcional ao seu valor de aptidão.". (ROSA, 2009, p.4). A figura 2 exemplifica essa técnica.



Cromossomo	Valor de Aptidão
cromossomo A	1
cromossomo B	5
cromossomo C	11
cromossomo D	13
cromossomo E	33
cromossomo F	56

Figura 2 - Probabilidade de um cromossomo ser selecionado no método de roleta, onde cada área do gráfico é proporcional a sua chance de ser selecionado.

ii. Torneio:

De acordo com Rosa (2009), essa técnica seleciona, de forma aleatória, uma quantidade de cromossomos da população atual, os que possuírem maior aptidão passarão a formar uma população intermediária. "Cada indivíduo tem uma probabilidade de ser selecionado proporcional à sua aptidão." (SILVA, 2007, p.3). A figura 3 exemplifica essa maneira.

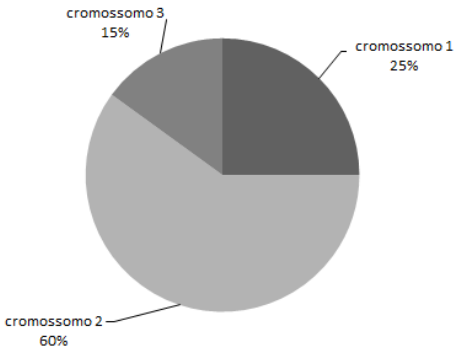


Figura 3 - Probabilidade de seleção do indivíduo. O cromromossomo 2 tem maior probabilidade de ser selecionado.

iii. Dizimação:

"A dizimação é uma técnica de seleção que realiza a ordenação dos cromossomos de acordo com o seu valor de aptidão e, a partir disto, remove um número fixo de cromossomos que possuem baixo valor de aptidão.". (ROSA, 2009, p.5). Pode ser adotada a conversão de que quanto menor for o valor da aptidão do cromossomo melhor

ele será, ou vice versa. Dessa forma, uma certa porcetagem apta é selecionada, dizimando (eliminando) os demais cromossomos com valores insatisfatórios.

Cruzamento (cross-over)

"Os indivíduos selecionados na etapa anterior são cruzados. Os cromossomos de cada par de indivíduos a serem cruzados são particionados em um ou mais pontos chamados pontos de corte. Estes pontos podem ou não ser escolhidos aleatoriamente." (SILVA, 2007, p.3). Assim como na biologia é na fase de cruzamento que ocorre a troca de informações genéticas. Rosa (2009) diz que existem três forma mais comuns de ser realizar essa troca de informações entre os cromossomos, são elas: cruzamento de ponto único, duplo e aleatório.

i. Cruzamento de Ponto Único: é escolhido um único ponto no cromossomo para realizar o corte, dividindo-o em duas partes; uma dessas partes irá combinar com uma parte de outro cromossomo, gerando um novo cromossomo filho;

ii. Cruzamento de Ponto Duplo: são escolhidos dois pontos no cromossomo para realizar os cortes, dividindo-o em três partes; essas partes cortadas se recombinarão de forma intercalada com as partes de outro cromossomo, gerando diferentes (novos)cromossomos filhos;

iii. Cruzamento de Pontos Aleatórios: "[...] utiliza como base máscaras, que consistem de cromossomos binários, onde no local em que os alelos possuem o valor 1 utiliza-se, inicialmente, o material genético de um dos pais, e onde possui o valor 0 pega-se o material do outro pai". (ROSA, 2009, p. 6). Pode-se inicializar esse processo novamente invertendo a máscara.

Mutação

"[...] se aplica a cada filho de maneira individual, e consiste em uma alteração, de maneira aleatória [...], de cada gene componente do cromossomo, garantindo que nenhum ponto do espaço de busca tenha probabilidade zero para ser examinado[...].". (SILVA, 2007, p.3).

Atualização

Na etapa de atualização, é gerada uma nova população para substituir a população antiga.

Finalização

"O operador de finalização é o responsável por determinar se a execução do Algoritmo Genético (evolução de população) será concluída ou não.". Rosa (2009, p.7 apud LUCAS, 2000, p. 23).

Pode-se utilizar técnicas de IA para a resolução das mais diversas áreas. Silveira (1998, p. 4) relata a utilização de AG no "[...] mercado de ações. Um algoritmo genético poderia ser utilizado para identificar que ações deveriam ser compradas ou vendidas, quando deveriam ser compradas ou vendidas, e em que quantidade, entre outros problemas.". Neste trabalho, a técnica de Algoritmos Genéticos será explorada para a resolução do problema das oito rainhas.

3 Problema das 8 Rainhas

O problema das oito rainhas é um dos quebra-cabeças mais conhecidos nos livros de combinatória, matemática recreativa, algoritmos genéticos entre outros. Segundo Sosic (1995) sua resolução consiste em posicionar cada rainha no tabuleiro de modo que elas não consigam atacar umas as outras. Elas podem se movimentar para frente ou para trás, para direita ou para a esquerda, ou na diagonal, quantas casas quiserem, ou seja, uma não pode enxergar a outra para que se consiga chegar ao objetivo do jogo. A Figura a seguir mostra uma possível solução:

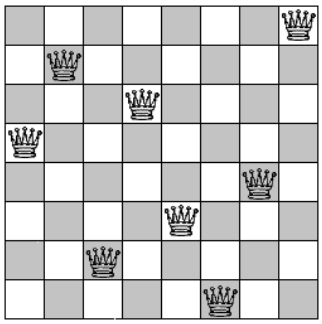


Figura 4 - possível solução para o problema das 8 rainhas

Como pode-se observar, as 8 rainhas estão dispostas de tal forma que nenhuma consegue atacar a outra em um único movimento, portanto o objetivo foi concluído.

4 Solução do Problema das 8 Rainhas com AG

Nesse trabalho, foi implementada uma solução em C# utilizando técnicas de Algoritmos Genéticos para resolver o problema das 8 rainhas. O objetivo do algoritmo é, a partir de uma população inicial, executar até que uma solução válida seja encontrada.

Na primeira parte, definiu-se a estrutura de classes que seriam utilizadas, assim como seus atributos. A classe `Cromossomo`, que representa uma possível solução (localização das 8 rainhas no tabuleiro), a classe `Populacao`, que contem uma série de `Cromossomos`. Na classe `Populacao` foram implementados os métodos que representam os operadores genéticos.

4.1 Implementação dos Operadores Genéticos

4.1.1 Inicialização

O primeiro operador genético é o de inicialização, onde é criada uma população inicial com n indivíduos. Foram implementados 2 métodos, um dentro da classe `Populacao`, que chama o método `Gerar()` n vezes dentro da classe `Cromosso`.

```
public static Cromossomo Gerar(Random random)
{
    int[,] p = new int[8, 8];
    for (int i = 0; i < 8; i++)
    {
        int x = random.Next(0, 8);
        int y = random.Next(0, 8);

        if (p[x, y] == 0)
            p[x, y] = 1;
        else
            i--;
    }
    return new Cromossomo(p);
}
```

Figura 5 - Método para gerar um cromossomo.

A figura 5 demonstra o método para gerar um cromossomo: uma variável random é passada como parâmentro, isto porque utilizando a mesma instância de uma variável random, a probabilidade de repetição é menor. Como o problema das 8 rainhas representa um tabuleiro de 8x8, foi criada uma matriz 8x8 de número inteiros, onde são gerados 8 posições de forma randômica não repetidas onde serão colocadas as rainhas, representadas pelo número 1 (um). Os posições vazias do tabuleiro são representadas pelo número 0 (zero).

```
public void GerarPopulacao(int tamanho)
{
    for (int i = 0; i < tamanho; i++)
        Populacao.Add(Cromossomo.Gerar(random));
}
```

Figura 6 - O método para gerar uma população de cromossomos.

Na figura 6, o método `GerarPopulacao` executa n vezes o método de gerar cromossomo. Cada resultado é adicionado em uma lista, que será utilizada posteriormente.

4.1.2 Aptidão

Para calcular a aptidão, foi feito um cálculo individual com cada rainha, depois foi realizada a soma desses resultados. O cálculo consiste em avaliar a visibilidade de cada rainha com as demais, onde cada vez que o caminho de uma rainha se encontra com uma outra rainha no tabuleiro é incrementado seu valor de aptidão. Ou seja, quanto menor o valor de aptidão, melhor é a possível solução, sendo que um cromossomo com aptidão zero constitui uma solução para o problema.

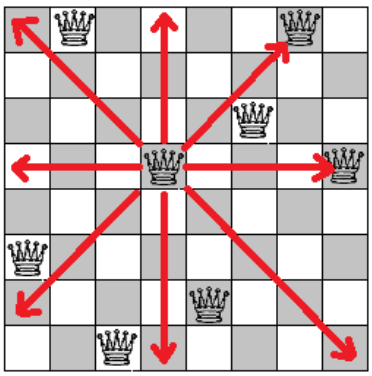


Figura 7 - Cálculo de aptidão (caminhos da rainha)

A figura 7 ilustra os caminhos de uma rainha (representados pelas setas), o algoritmo de aptidão percorre todos os caminhos de cada rainha fazendo a verificação. No exemplo, o caminho da rainha está de encontro com duas outras rainhas, nesse caso o valor de aptidão desta é dois, é feito o mesmo processo com todas as 8 rainhas. O valor de aptidão de cada cromossomo é guardado em uma variável para ser futuramente utilizado.

É durante o calculo de aptidão que é verificado se uma solução já foi encontrada, caso seja, o algoritmo encerra a execução e exibe o resultado. Essa verificação é feita

nessa etapa porque a solução pode ser encontrada na já primeira população que é gerada.

4.1.3 Seleção

Para o processo de seleção foram implementados 2 métodos, o primeiro foi a estratégia em roleta, o segundo foi a estratégia de dizimação. A mudança ocorreu devido ao tempo de processamento e quantidade de gerações para se chegar ao resultado.

Como foi definido que quanto menor o valor de aptidão de um cromossomo, mais perto estaria de um resultado, no processo de dizimação foi ordenando de forma crescente. O valor definido para dizimação de 50% da população.

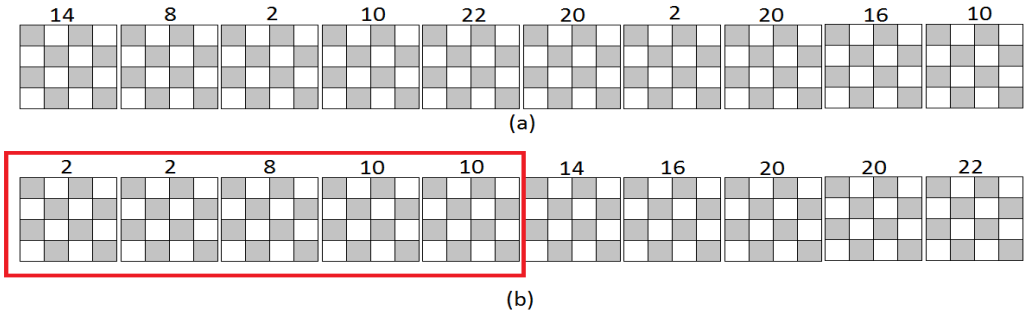


Figura 8 - Processo de dizimação

Na figura 8 (a), tem-se o exemplo de 10 cromossomos desordenados com seus valores de aptidão. Já na figura 8 (b) eles aparecem ordenados; os 5 primeiros são selecionados e os outros 5 são dizimados (descartados). Essa população formada apenas pelos cromossomos selecionados foi denominada "melhores", por conter apenas os indivíduos com as melhores aptidões.

4.1.4 Cruzamento

O cruzamento é feito a partir da população com os melhores cromossomos, onde são sorteados de 2 em 2 cromossomos para fazer-se o cruzamento. Para a troca genética implementaram-se dois processos, ambos baseados na forma do ponto único, que foram adaptados para o problema em questão, calculando apenas as posições das 8 rainhas e desconsiderando o resto do tabuleiro.

Pela primeira forma sorteia-se um ponto de 0 a 7, a fim de definir a quantidade de material genético do pai que seria transmitido para formar a primeira parte do filho, em seguida, o restante de material genético que faltasse para compor o filho, era pego da mãe, seguindo a condição de que não se pegasse uma informação que já tivesse sido fornecida pelo pai. Isto é feito até que se completem as 8 rainhas. Ao pegar as posições de uma rainha do cromossomo mãe, faz-se uma verificação a fim de saber se está, já se encontra no cromossomo filho, caso já esteja, deve-se escolher outra posição, isso porque cada cromossomo deve conter exatamente 8 rainhas. No segundo filho é feito o mesmo processo, iniciando-se pelo cromossomo mãe, e posteriormente completando-se o material genético deste filho, com as informações do pai.

4.1.5 Mutação

Para fazer a mutação optou-se pela mutação por troca, onde n cromossomos são sorteados dentro da população e, para cada um destes, sorteia-se uma posição do

cromossomo que contenha uma rainha, e uma outra que não contenha, e realiza-se uma troca de lugares entre essas posições.

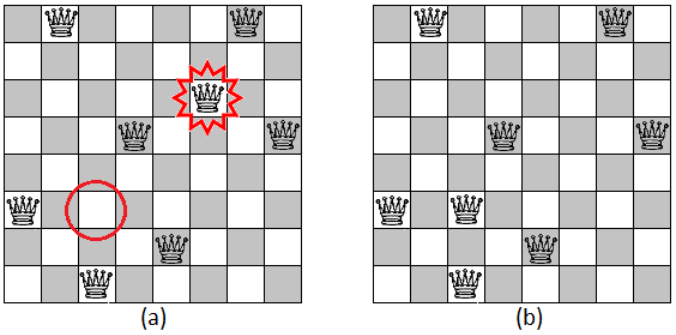


Figura 9 - Mutação, troca de lugar de uma rainha

Na figura 9 (a) a rainha (representada pelo desenho da estrela) e um espaço livre (representado pelo desenho do círculo) foram sorteados para trocarem de lugar. Já a figura 9 (b) demonstra as rainhas após a mutação.

4.1.6 Atualização

A atualização é feita a partir da junção dos cromossomos selecionados na dizimação e de seus filhos gerados no processo de cruzamento. Após isso chama-se novamente o processo de aptidão, e o ciclo se repete até que um resultado válido seja encontrado.

4.2 Testes

Os testes foram realizados em uma máquina com processador Pentium Dual-Core T2390 1.86 GHz, memória RAM 2 GB e utilizando a configuração padrão do Windows 7 Ultimate.

População Inicial	Processo de Seleção	Mutação	Gerações	Tempo (em segundos)
10000	Dizimação	100	12	2.6481514
10000	Dizimação	100	9	1.9031088
1000	Dizimação	10	35	0.4590262
100	Dizimação	1	889	1.5820905
100	Dizimação	1	4699	6.5493746
10	Dizimação	1	840	0.9750558

Tabela 1 - Resultado dos testes

Na tabela 1, tem-se os resultados dos testes realizados. As colunas População Inicial, Processo de Seleção e Mutação representam os valores padrões inseridos no algoritmo. As colunas Geração e Tempo representam, respectivamente, a quantidade de gerações e tempo de execução até encontrar um resultado satisfatório.

5 Considerações finais

Com o estudo da técnica de algoritmos genéticos, observou-se a viabilidade do seu uso para resolver problemas complexos, seguindo modelos de aperfeiçoamento presentes na natureza. Percebeu-se ainda que o sucesso do algoritmo genético está diretamente ligado à definição de uma boa função de aptidão. Com o entendimento da importância da função de aptidão nos AG pode-se concluir que desenvolver metodologias para

definição de funções de aptidões em algoritmos genéticos, aparece como uma forma bastante viável de reduzir tempo e resultados insatisfatórios na implementação desta técnica de IA.

6 Referências Bibliográficas

ARTERO, Almir Olivette. **Inteligência Artificial**: Teória e Prática. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009, 230p.

CARVALHO, Marco Antonio Moreira; SANTOS, André Gustavo. Algoritmo Genético Aplicado à Seleção de Colunas no Problema de Alocação de Tripulações. In: 12º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA, 2006, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: ITA, 2006. 11 p.

DAVIS, Lawrence. **Handbook of genetic algorithms**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

FERNANDES, Anita Maria. **Inteligência Artificial**: Noções Gerais. Florianópolis: Visual Books, 2003.

LEVINE, Robert L.; DRANG, Diane E.; EDELSON, Barry. **Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas**: Aplicações e Exemplos Práticos. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

LUCAS, Diogo Correa. Algoritmos Genéticos: **Um estudo dos seus conceitos fundamentais e aplicação no problema da grade horária**. 2000. 66 p. Monografia (Graduação em Informática) – Universidade Federal de Pelotas – Instituto de Física e Matemática.

RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin. **Inteligência Artificial**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1993.

ROSA, Alexsander: **Uma Solução para o Problema das N Rainhas usando Threads em Java**, disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp157/ trabalhos/urcamp99-1/alexsand/LogicaRainha.html>. Acesso em set. 2010.

ROSA, Thatiane de Oliveira; LUZ, Hellen Souza. Conceitos Básicos de Algoritmos Genéticos: Teoria e Prática. In: XI Encontro de Estudantes de Informática do Tocantins, 2009, Palmas. **Anais...** Palmas: CEULP/ULBRA, 2009. 11 p. Disponível em:<http://www.ulbra-to.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Conceitos_Basicos _de_Algoritmos_Geneticos_Teoria_e_Pratica.pdf>. Acesso em set. 2010.

SILVA, Gardiego Luiz da; Oliveira, Henrique Faria de. **Aplicação da Metaheurística Algoritmos Genéticos na solução do problema das n Rainhas**. Trabalho apresentado na Semana Acadêmica, Viçosa, 2007. Disponível em:<http://correio.fdvmg.edu.br/downloads/SemanaAcademica2007/Anais_Artigos/MetaHeuristica_Problema_Rainhas.pdf>. Acesso em set. 2010.

SILVEIRA, Sidnei Renato; BARONE, Dante Augusto Couto. Jogos Educativos Computadorizados Utilizando a Abordagem de Algoritmos Genéticos. In**:** IV Congresso RIBIE, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 13 p. Disponível em: <http://www.url.edu.gt/sitios/tice/docs/trabalhos/151.pdf>. Acesso em: 25 setembro de 2010.

SOSIC, R. **N-Queens, Constraint Satisfaction, Local Search**, disponível em: <http://www.cit.gu.edu.au/~sosic/nqueens.html>. Acesso em: set. 2010.

ROCHA, Edroaldo Lummertz; SIMÕES, Priscyla W. T. de Azevedo; MANENTI, Sandra Aparecida; et al. **Redes Neurais Artificiais e Processamento de Imagens no Auxílio ao Diagnóstico de Doenças no Colo uterino.** disponível em :<http://www.infociencia.info/obras/ARTc350.pdf>. Acesso em set. 2010