

# UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO  
CENTRO DE INFORMÁTICA

2013.2

---



## Estudo Comparativo de Algoritmos Genéticos Multiobjetivo aplicado ao Sensoriamento de Espectro em Rádio Cognitivo

---

PROPOSTA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Aluno:** Marcos Rocha de Moraes Falcão {mrmf@cin.ufpe.br}  
**Orientador:** Kelvin Lopes Dias {kld@cin.ufpe.br}

Recife, xx de Novembro de 2013

## Índice

---

<b>1. Contexto</b> .....	3
<b>2. Objetivos</b> .....	5
<b>3. Cronograma</b> .....	6
<b>4. Referências</b> .....	7
<b>5. Possíveis Avaliadores</b> .....	8
<b>6. Assinaturas</b> .....	9

# 1. Contexto

---

Esta seção descreve a motivação para o uso do algoritmo genético multiobjetivo como ferramenta para se determinar períodos de sensoriamento de espectro de frequências.

## 1.1. Objetivo da Análise de Espectro

Sabe-se que o espectro frequência de radio é um recurso natural limitado e sua correta administração é vital para o uso racional e sustentado deste recurso que é a base da civilização moderna [1]. A atual política de gerenciamento de espectro é baseada em alocações fixas das sub-faixas, fato que gera uma alta ineficiência espectral. O problema torna-se ainda mais complexo devido ao crescimento da demanda por serviços wireless.

O rádio cognitivo é uma alternativa para esse problema ao avaliar o ambiente de transmissão e realizar o acesso oportunista ao espectro. O mecanismo oportunista consiste da identificação de transmissões existentes no ambiente e aproveita momentos onde o canal está ocioso para acomodar serviços de telecomunicações, evitando interferência com outros transmissores e assim fazendo o uso racional do espectro. Dentro desse contexto, pode-se citar o sensoriamento do espectro como parte essencial do seu ciclo de processamento, afinal, a correta avaliação do ambiente proporcionará maior qualidade da transmissão e diminuição da taxa de interferência entre usuários primários (aqueles que detém a licença para o uso do canal) e secundários (usuários oportunistas) [2].

## 1.2. Algoritmos Genéticos Multi Objetivo

Algoritmos Genéticos são algoritmos de otimização global, que se baseiam nos mecanismos de seleção natural. Eles empregam uma estratégia de busca que simultaneamente é aleatória e estruturada, mas que é voltada em direção ao reforço da busca de pontos de "alta aptidão", ou seja, pontos nos quais a função de avaliação a ser minimizada ou maximizada tem valores relativamente baixos ou altos [3].

Os algoritmos genéticos possuem uma estrutura similar ao mecanismo de seleção natural. Para trabalhar com essa estratégia, é necessário representar o problema geralmente de forma genotípica, utilizando vetores de tamanho finito em um alfabeto finito. O princípio básico do funcionamento dos AGs é que um critério de seleção vai fazer com que, depois de muitas gerações, o conjunto inicial de indivíduos gere indivíduos mais aptos [4].

Na abordagem clássica, o algoritmo genético se baseia num conjunto de passos repetidos. A técnica do AG parte de uma população inicial que pode ser dada de forma randômica. Através de uma função de avaliação, os indivíduos são escolhidos para gerar uma nova população, geralmente

através de crossover e mutação. É muito comum utilizar o AG para problemas em que o espaço de busca é muito grande e o que vai determinar a qualidade dos resultados obtidos será a forma em que a função de avaliação (fitness) foi implementada, quanto mais detalhes a respeito do problema forem inseridos, melhores serão as respostas.

Em geral, se utiliza AG com uma única função fitness e assim é possível encontrar um único indivíduo que supera uma geração inteira. Já nos modelos de otimização multiobjetivo, existem mais de uma função fitness. Nesses casos, não necessariamente se obtém um único indivíduo e sim um conjunto de soluções não dominadas, das quais, nenhuma é quantitativamente melhor que a outra e que são conhecidas como soluções Pareto-ótimas [5].

Nos algoritmos genéticos multiobjetivo, a busca é guiada na direção da fronteira de Pareto. Sua principal diferença em relação aos AG's tradicionais está na fase de seleção, dado que a comparação entre duas soluções deve realizar-se de acordo com o conceito de dominância. Recentemente, inúmeras implementações dos AG's multiobjetivo tem surgido, dentre elas destacam-se: MOGA (FONSECA; FLEMING, 1993), SPEA (ZITZLER; THIELE, 1998) e NSGA (PAPPA, 2002; ZUBEN, 2006) [5].

## 2. Objetivos

---

Sensoriamento de espectro é uma fase fundamental para identificar oportunidades de espectro, ou seja, faixas de frequência disponíveis (ou canais) para operação dos usuários secundários, evitando a interferência com usuários primários [6].

O processo de descoberta de oportunidades de espectro é realizado com custos gerais de detecção. A sobrecarga de detecção corresponde ao tempo durante o qual o usuário secundário tem de interromper a transmissão de dados a fim de medir a disponibilidade do canal. Uma sobrecarga elevada de detecção pode comprometer a eficiência de transmissão, mas, por outro lado, sensoriamento ineficiente também pode resultar em interferência com o usuário primário, devido ao atraso na detecção imediata do reaparecimento deste usuário. Logo, torna-se fundamental otimizar o período de detecção, a fim de maximizar o número de oportunidades de espectro, com um mínimo de sobrecarga de detecção [7].

O propósito deste trabalho é propor um esquema para se determinar um período de detecção adaptativo utilizando como ferramenta um algoritmo genético. Apesar de o tempo de convergência de AGs ser relativamente alto, foi assumido que o AG pode ser útil na primeira fase do ciclo cognitivo (durante sua inicialização), antes do rádio tornar-se totalmente funcional. O esquema proposto visa maximizar as oportunidades de espectro, bem como minimizar a sobrecarga de sensoriamento, evidenciando assim dois objetivos concorrentes. A abordagem de AG mais indicada para estes casos são as de AG multiobjetivo, cuja principal característica é o surgimento de múltiplas funções de avaliação que podem apresentar comportamento conflitante. Assim, baseado nas principais obras da literatura existente, será investigado qual estratégia de AG multiobjetivo é mais efetiva para resolver o problema do período de sensoriamento.

O problema será modularizado em etapas, das quais a primeira será composta de um estudo teórico a respeito dos principais algoritmos genéticos multiobjetivo existentes para se determinar quais devem ser implementadas. Assim, seguindo os valores de simulação similares aos encontrados em [7], as abordagens escolhidas serão implementadas utilizando a linguagem JAVA. Por fim, com base nos critérios adotados por [7], será evidenciado se as escolhas da etapa anterior foram de fato efetivas em comparação com a solução adotada por A. Balieiro, P. Yoshioka, K. Dias, C. Cordeiro e D. Cavalcanti.

### 3. Cronograma

O Cronograma abaixo indica as atividades a serem realizadas durante o trabalho proposto neste documento. Os meses estão divididos em células que representam cada semana.

**Cronograma**

	NOVEMBRO		DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO			
Pesquisa e definição do escopo	■	■												
Estudo da Metodologia		■	■	■	■	■	■							
Realização de Testes					■	■	■	■	■	■	■			
Preparação do relatório					■	■	■	■	■	■	■			
Prep. da apresentação oral												■	■	
Apresentação oral													■	

## 4. Referências

---

- [1] J. Mitola and G. Q. Maguire, "Cognitive radios: making software radios more personal", *IEEE Pers. Commun.*, vol. 6, no. 4, pp. 13-18, Aug. 1999.
- [2] S. Chakraborty, R. Deka and J. S. Roy, "Interference Mitigation in Cognitive Radio using Genetic Algorithm", *International Journal of Computer Applications* vol 70– No.12, May 2013.
- [3] Goldberg D.E. 2009. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Fourth Edition, Pearson Education.
- [4] A. Carvalho "Algoritmos Genéticos"  
<Link: [www.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/genetic/](http://www.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/genetic/)>, acessado em 15/11/2013.
- [5] Halsall-Whitney, H.; Thibault, J. Multi-objective optimization for chemical processes and controller design: approximating and classifying the pareto domain. *Computer and Chemical Engineering*, [S.l.], Abril 2006.
- [6] Kim, H., and Shin, K.G.: "Efficient discovery of spectrum opportunities with MAC-layer sensing in cognitive radio networks", *IEEE Trans. Mob. Comput.*, 2008, 7, (5), pp. 533–545
- [7] Balieiro, P. Yoshioka, K. Dias, C. Cordeiro and D. Cavalcanti, "Adaptive spectrum sensing for cognitive radio based on multi-objective genetic optimisation", *ELECTRONICS LETTERS* 15th August 2013 Vol. 49 No. 17

## 5. Possíveis Avaliadores

---

- Daniel Carvalho da Cunha (dcunha@cin.ufpe.br)
- Kelvin Lopes Dias (kld@cin.ufpe.br)

## 6. Assinaturas

---

---

Kelvin Lopes Dias  
**Orientador**

---

Marcos Rocha de Moraes Falcão  
**Aluno**