

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Algoritmo genético BRKGA aplicado a controle e redução de poluição em rios e córregos

Luiz Felipe Oliveira Ribeiro <sup>1</sup>Selena Lopes Carvalho <sup>2</sup>Lucia Catabriga <sup>3</sup>

Universidade Federal do Espírito Santo

## 1 Introdução

Desde o início da humanidade o uso inteligente dos recursos hídricos tem sido fundamental para o desenvolver do homem, sendo assim os níveis de poluição em rios um problema de âmbito governamental. A Lei n.9433/97 criou um instrumento no qual os rios são categorizados em classes, denominado Enquadramento de Cursos D'água. Desejamos encontrar a eficiência percentual mínima de redução de poluentes garantindo o enquadramento de rios na legislação vigente, considerando poluentes vindos de fontes pontuais ou seja efluentes lançados diretamente nos cursos d'água. Para descrever o comportamento dos poluentes no curso d'água, utilizamos o modelo matemático QUAL-UFGM [2], composto por equações diferenciais ordinárias de primeira ordem, aproximadas numericamente pelo método de Euler. O conjunto de equações diferenciais envolve 3 tipos de poluentes: Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio (N) e Oxigênio Dissolvido (OD).

Abordamos o problema usando técnicas de otimização através do algoritmo genético de chaves aleatórias viciadas (BRKGA) [1]. O BRKGA considera uma população de possíveis soluções para o problema chamadas cromossomos. O algoritmo inicia com a criação de uma população gerada aleatoriamente. Essa população evolui através de três processos: elitismo, cruzamento e mutação. O elitismo consiste em selecionar os indivíduos de maior qualidade. A cada indivíduo é atribuído um valor de função de aptidão, no qual os indivíduos com a maior função de aptidão tem maior capacidade de sobreviver através das gerações. O cruzamento é a geração de um indivíduo herdando traços de dois indivíduos pais. A mutação consiste na inserção de novos indivíduos durante o processo. A população evolui até que um critério de parada pré-estabelecido seja atingido. Ao final do processo é retornado o cromossomo com melhor F.O.

Por definição, no BRKGA um cromossomo é um *array* de números reais entre 0 e 1, nesse problema cada número representa uma eficiência percentual de remoção, num ponto conhecido de lançamento de efluente. Para avaliar a qualidade de uma solução é necessária uma chamada ao modelo QUAL-UFGM, pois ele é responsável um perfil de concentração ( $mg/l$ ) x distância ( $km$ ), e dessa forma pode-se avaliar as eficiências da possível solução.

---

<sup>1</sup>luizfeliperib@gmail.com<sup>2</sup>senaesa@gmail.com<sup>3</sup>luciac@inf.ufes.br

## 2 Resultados e Conclusões

A bacia hidrográfica do rio Pardo nasce em Ibatiba/ES é um tributário do rio Itape-  
 mirim. Foram realizados um conjunto de testes, nos quais variamos: a F.O., o número de  
 mutantes, o tamanho do conjunto elite e o tamanho da população. Neste resumo mostrare-  
 mos os resultados para o poluente DBO. Consideramos as seguintes concentrações de DBO  
 (mg/L) lançadas na bacia do rio Pardo: efluente Ibatiba - 400,0; rio Sao José - 2,4139;  
 rio Pardinho - 2,4866; efluente Iuna - 400,0 e córrego Perdição - 2,7937. A CONAMA  
 357/2005 estabelece que para rios categorizados na classe 2 (classificação do rio Pardo), a  
 concentração máxima permitida de DBO é 5 mg/L. A Fig. 1 mostra mapas da bacia do  
 rio Pardo considerando os cenários base - onde não são consideradas remoções encontra-  
 das pelo BRKGA - e um cenário otimizado - onde o BRKGA é considerado para otimizar a  
 emissão de poluentes. Como pode ser observado a concentração de DBO no cenário base  
 chega a quase 17mg/L, enquanto no cenário otimizado a máxima concentração de DBO  
 não é superior a 2mg/L em toda a bacia. Logo podemos concluir que o BRKGA encontrou  
 ótimos resultados nos testes realizados.

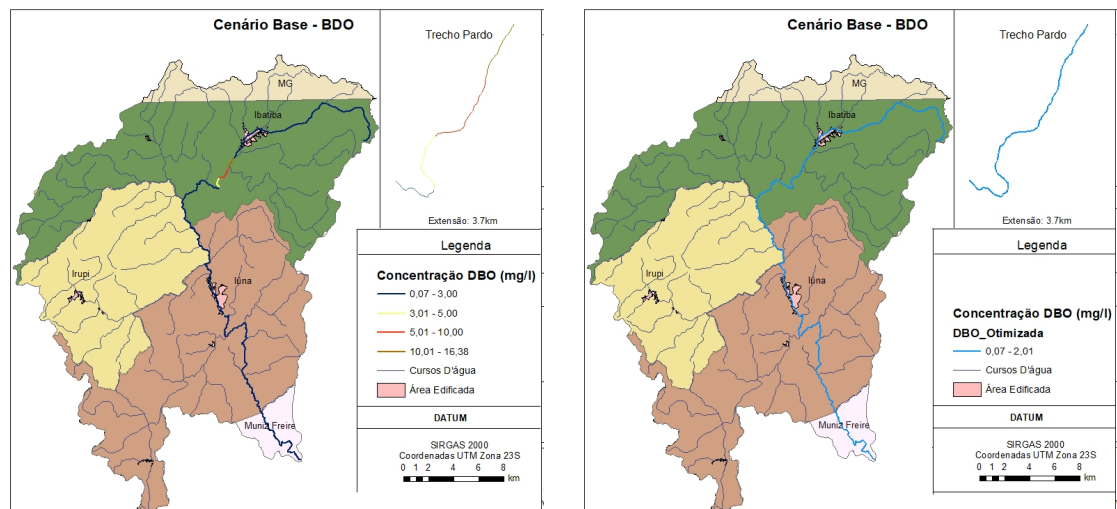


Figura 1: Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) - Cenário Base (a esquerda) e Cenário Otimizado (a direita) para a bacia do Rio Pardo.

## Referências

- [1] J. F. Goncalves and M. G. Resende. Biased random-key genetic algorithms for combi-  
 natorial optimization. *Journal of Heuristics*, 17, 2011.
- [2] M. von Sperling. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, De-  
 partamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2014.