

Uso de Programação Matemática Fuzzy para Reduzir Custos de Energia

Maria José de Paula Castanho

Vitor Hugo Outeiro*

Departamento de Matemática, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO,
85040-080, Guarapuava, PR
E-mail: zeza@unicentro.br, vitorhugoouteiro@yahoo.com.br,

Fábio Hernandes

Universidade Estadual do Centro-Oeste - Departamento de Ciência da Computação
85040-080, Guarapuava, PR
E-mail: hernandes@unicentro.br.

RESUMO

As Estações de Tratamento de Água consomem entre dois e três por cento da energia do mundo [3]. A implantação de medidas que possam reduzir os custos com energia elétrica é de suma importância para a viabilidade econômica das empresas que operam os sistemas de água e esgoto. Reduzir este custo sem ter gasto com equipamentos é possível, desde que se definam regras de operações [1]. Para estabelecer essas regras, considerando restrições (como demanda mensal e capacidade dos reservatórios) imprecisas é adequado utilizar Programação Linear *Fuzzy*. Esta ferramenta permite a inclusão de conceitos vagos e imprecisos no modelo [4].

Este trabalho tem como objetivo minimizar custos com a energia consumida no bombeamento de água no sistema de abastecimento do município de Guarapuava-PR.

A Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) é responsável pelo abastecimento e tratamento de água em Guarapuava. A estação de captação possui três motores com capacidades distintas, sendo que apenas dois podem funcionar simultaneamente, e quatro reservatórios que estão interligados. A tarifa de energia elétrica paga é a horo-sazonal verde, na qual se pactua a demanda contratada com tarifas diferenciadas no horário de ponta [5].

A função objetivo assumida foi a minimização do custo de energia tendo como base a tarifa horária de operação. A solução indicará o tempo de funcionamento de cada motor utilizado, num período de 24 horas.

As restrições foram formuladas considerando:

- fração de intervalo do funcionamento dos motores: $0 \leq X_i(t) \leq 1$ em que i é o número de motores ($i = 1, 2, 3$);
- capacidade máxima e mínima dos reservatórios: $V_{min}(t) \leq V(t) \leq V_{max}(t)$;
- o volume captado não pode ser maior que a capacidade de tratamento;
- o volume no início deve ser igual ao volume no final das 24 horas;

O problema de programação linear *fuzzy* é transformado em três formulações de programação linear clássica, possibilitando sua resolução por métodos já conhecidos. Para resolvê-lo (Z_3) é necessário determinar os limites inferior e superior (Z_1 e Z_2) da função objetivo [2]:

*bolsista de Iniciação Científica PAIC/Fundação Araucária

1. $\min Z_1$, o limite inferior é o custo diário de energia que o sistema de abastecimento gasta com o bombeamento, considerando a demanda média;
2. $\min Z_2$, o limite superior é o custo diário obtido com o aumento no gasto da energia devido à flexibilização, considerando a demanda como um conjunto *fuzzy*;
3. $\min Z_3$ dá a solução do problema relacionando 1 e 2.

Na solução do problema os motores de maior potência permaneceram ligados durante todo o período de tarifa mais baixa e em intervalos menores durante o horário de ponta. A solução encontrada reduziu significativamente o custo atual do sistema informado pela SANEPAR.

Palavras-chave: *Custos, Energia Elétrica, Otimização*

Referências

- [1] A.A.Albuquerque, “Análise e Métodos de Otimização para Eficiência Energética de Estações Elevatórias em Sistemas de Abastecimentos de Água”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, 2007.
- [2] L. A. P. Cantão, Programação matemática fuzzy aplicada ao problema de poluição do ar, *Revista Biomatemática*, 17 (2007) 21-34.
- [3] M. B. M. Firmino and A. A. Albuquerque, and W. F. Curi and N. C. Silva, Método de eficiência energética no bombeamento de água, via programação linear e inteira. *Anais do VI-SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água*, João Pessoa, 2006.
- [4] A.A. Gandolpho, “Metodologia de Resolução de Problemas de Programação Linear Fuzzy”, Tese de Doutorado, PUC-Rio, 2005.
- [5] SANEPAR, Companhia de Saneamento do Paraná, Boletim diário de controle operacional, 2013.