

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

---

## Uma união dos métodos de Penalidade e Arredondamento para resolução do problema de Fluxo de Potência Ótimo com controles discretos

Henrique Yuji Inoue<sup>1</sup>

Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia, Unesp, Bauru, SP

Edilaine Martins Soler<sup>2</sup>

Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências, Unesp, Bauru, SP

O problema de Fluxo de Potência Ótimo (FPO) é um importante problema da área de engenharia elétrica. O propósito de um problema de Fluxo de Potência Ótimo é determinar o estado de um sistema de transmissão de energia elétrica que otimize um dado desempenho deste sistema e satisfaça suas restrições físicas e operacionais.

O problema de FPO pode ser representado matematicamente como um problema de programação não linear com restrições de igualdade e desigualdade e variáveis discretas e contínuas, da forma geral dada em (1):

$$\begin{aligned} & \text{Min} \quad f(x, y) \\ & \text{s.a :} \quad \begin{cases} h(x, y) = 0 \\ g(x, y) \geq 0 \\ \underline{x} \leq x \leq \bar{x} \\ y_i \in D_{y_i}, i = 1, 2, \dots, n_y \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

em que:  $x = (x_1, x_2, \dots, x_{n_x})$  representam as variáveis (de controle e dependentes) contínuas do sistema elétrico;  $y = (y_1, y_2, \dots, y_{n_y})$  representam as variáveis de controle discretas,  $D_{y_i}$  é o conjunto de valores que as variáveis discretas  $y_i$ , para  $i = 1, 2, \dots, n_y$ , podem assumir;  $h(x, y) = 0$  representa o conjunto das restrições de igualdade formado pelas equações do problema de Fluxo de Carga, pelas equações do modelo de atuação de dispositivos de controle, etc; e  $g(x, y) \leq 0$  é o conjunto das restrições de desigualdade formado pelos limites de geração de potência reativa, limites de fluxo de potência nas linhas de transmissão, limites de corrente nos ramos da rede, entre outros. Na formulação adotada neste trabalho  $f(x, y)$  é uma função escalar que representa as perdas de potência ativa nas linhas de transmissão. Os vetores  $\underline{x} \in \mathbb{R}^{n_x}$  e  $\bar{x} \in \mathbb{R}^{n_x}$  indicam os limitantes inferiores e superiores das variáveis  $x$ , respectivamente.

---

<sup>1</sup>henrique\_inoue@hotmail.com

<sup>2</sup>edilaine@fc.unesp.br

Devido à dificuldade de solução imposta pelas variáveis discretas, a maioria das abordagens da literatura ignora a natureza discreta destas variáveis e consideram todas as variáveis do problema de Fluxo de Potência Ótimo como contínuas. Estas formulações não são realistas, pois alguns controles somente podem ser ajustados através de passos discretos [3].

Neste trabalho de pesquisa propõe-se um método de solução para o problema de FPO. O método proposto consiste em uma união dos métodos de Penalidade e Arredondamento para resolução do problema de FPO considerando as variáveis contínuas e discretas deste problema. Como o arredondamento de variáveis funciona bem para tratar as variáveis discretas tap dos transformadores, propõe-se tratar estas variáveis por este método, como proposto em [1], enquanto para as variáveis discretas susceptâncias dos bancos de capacitores e reatores shunt propõe-se tratá-las via funções penalidade polinomiais incorporadas na função objetivo conforme proposto em [2].

A implementação do método proposto foi realizada em Linguagem Algébrica de Modelagem por meio do software GAMS (<http://www.gams.com/>). Os problemas contínuos obtidos foram resolvidos pelo método de pontos interiores com filtro implementado no pacote IPOPT [4].

Testes numéricos preliminares com o sistema elétrico teste IEEE 14 Barras foram realizados para validação da abordagem desenvolvida, e demonstram o potencial do método em obter soluções discretas de boa qualidade em baixo tempo computacional para o problema de FPO.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa ISCB Unesp - Iniciação Científica sem Bolsa, e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsista Produtividade, Processo: 313495/2017-3).

## Referências

- [1] U. T. Ringertz, On methods for discrete structural optimization, *Engineering Optimization*, 13:1, 47-64, 1988.
- [2] D. P. Silva, Funções penalidade para o tratamento das variáveis discretas do problema de fluxo de potência ótimo reativo, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Unesp - Bauru, 2016.
- [3] E. M. Soler, V. A. Sousa, G. R. M. Costa. A modified Primal-Dual Logarithmic-Barrier Method for solving the Optimal Power Flow problem with discrete and continuous control variables, *European Journal of Operational Research*, 222:3, 616-622, 2012.
- [4] A. Wächter, L. T. Biegler. On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming, *Mathematical programming*, 106:1, 25-57, 2006.