

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

---

## Modelo Matemático para o Planejamento de Agregadores em Smart Grids

Bruna Mendes Fernandes<sup>1</sup>

IFES - Campus Vitória - Curso Superior de Engenharia Elétrica - Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES, CEP 29040-780

Mário Mestria<sup>2</sup>

IFES - Campus Vitória - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis - Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES, CEP 29040-780

Pesquisadores estão enfrentando o desafio de reduzir as perdas inerentes aos processos de distribuição nas redes elétricas tradicionais. A solução será através do novo conceito de rede, chamando de redes inteligentes (*smart grids*) que se baseiam em [1]: distribuição eficiente de energia com a inclusão de eletrônicos de última geração; utilização de recursos renováveis para gerar eletricidade; participação dos consumidores no processo de geração de energia; retorno aos consumidores sobre o consumo em tempo real através de medidores inteligentes; e, uso de baterias de veículos elétricos para armazenar e distribuir energia em domicílios.

Em uma *smart grid*, medidores inteligentes podem armazenar dados de consumo de energia de cada consumidor. Esses dados serão enviados periodicamente a um ou mais agregadores. No trabalho de [4] destaca os seguintes: (1) a escolha eficiente das melhores posições dos agregadores torna-se uma tarefa difícil; (2) isso se agrava principalmente em grandes cidades que contêm milhares de medidores. Nesse trabalho, iremos apresentar um modelo para localizar e designar agregadores aos medidores inteligentes, chamando de Problema de Planejamento de Agregadores em *Smart Grids* (PPASG). Esse modelo difere de [3] por considerar a dispersão entre os agregadores, e tentar minimizar que um medidor seja designado a mais de um agregador.

O PPASG pode ser modelado utilizando a formulação do Problema de Recobrimento de Conjuntos (PRC) [2], adicionando a restrição de dispersão entre os agregadores. Iremos primeiro definir o PRC. Seja um conjunto de  $m$  elementos  $\mathbb{M} = \{1, \dots, m\}$  e uma coleção de  $n$  subconjuntos  $\mathbb{N} = \{S_j \subseteq \mathbb{M}, 1 \leq j \leq n\}$ , cada um contendo custos não negativos. Uma coleção de subconjuntos  $\mathbb{X} \subseteq \mathbb{N}$  é uma cobertura de  $\mathbb{M}$ , se  $\bigcup_{S_j \in \mathbb{X}} S_j = \mathbb{M}$  é assegurado.  $\mathbb{X}$  é uma cobertura ideal de  $\mathbb{M}$  se existe nenhuma redundância no subconjunto em  $\mathbb{X}$ , isto é,  $\mathbb{X}$  não irá cobrir  $\mathbb{M}$  se qualquer subconjunto seja removido de  $\mathbb{X}$ . A meta do PRC é encontrar um  $\mathbb{X}$  com custo mínimo. Para o planejamento dos agregadores em uma *smart grid*, os elementos a serem cobertos são os medidores inteligentes e o grupo formado pelos medidores, deverão ser cobertos por pelo menos um agregador (cada um com custo  $c_j$ ),

---

<sup>1</sup>brunamendesf@outlook.com

<sup>2</sup>mmestria@ifes.edu.br; mmestria@uol.com.br

onde  $\mathbb{X}$  formam o grupo de agregadores. O PPASG é formulado como um problema de programação não linear inteira binária, como segue:

$$\text{Min } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$r x_j x_k \leq \text{dist}_{jk}, \quad r > 0, \quad \forall j, k \in \mathbb{N} \quad (3)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

onde:

- $a_{ij}$ : igual a 1 se  $i \in S_j$  e 0, caso contrário.
- $r$ : distância mínima entre dois agregadores.
- $\text{dist}_{jk}$ : distância entre o agregador  $j$  e o agregador  $k$ .
- $x_j$ : variável de decisão igual a 1, se o subconjunto  $S_j$  pertence a cobertura  $\mathbb{X}$  e 0, caso contrário.

A função objetivo (1) irá minimizar o custo de localizar e designar os agregadores aos medidores. Como há diferentes tipos de agregadores com custos diferenciados, a rigor, o PPASG é denominado de PPASG *ponderado*. As restrições (2) garantem que todo medidor deverá ser coberto ao menos por um agregador. As restrições (3) implicam que dois agregadores deverão ter uma distância mínima entre eles com a finalidade de: **(a)** não ter agregadores próximos e **(b)** permitir que medidores distintos sejam atendidos por diferentes agregadores. Assim, esta restrição irá diminuir a redundância. Em (4) representam as restrições de integralidade. O PPASG é  $\mathcal{NP}$ -hard, dado que pode ser reduzido ao PRC. Assim, para solucionar o PPASG é proposto a metaheurística CRO (Chemical Reaction Optimization) [5], com intuito de iniciar os testes computacionais.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ifes (Instituto Federal do Espírito Santo) pelo incentivo ao desenvolvimento desse trabalho através do Projeto nº PJ00003731 e Plano de Trabalho nº PT00005556, do Edital PRPPG nº 05/2017 Pibic/Pivic.

## Referências

- [1] J. A. Cardenas, L. Gemoets, J. H. A. Rosas, R. Sarfi, A literature survey on smart grid distribution: an analytical approach, *Journal of Cleaner Production*, 65:202-216, 2014.
- [2] J. E. Beasley, A lagrangian heuristic for set-covering problems, *Naval Research Logistics (NRL)*, 37(1):151-164, 1990.
- [3] G. Rolim, C. V. N. Albuquerque, I. M. Moraes, Modelo e solução para o problema de posicionamento de agregadores em redes elétricas inteligentes, *XXXIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, Vitória, ES, Brasil, 14 pp, 2015.
- [4] G. Rolim, C. V. N. Albuquerque, I. Moraes, A. Bettioli, A. Carniato, L. F. Passos, R. Z. Homma, F. H. Molina, Sistema de posicionamento de agregadores de dados em redes elétricas inteligentes, *Encuentro Regional Iberoamericano del Cigré*, Puerto Iguazú, Argentina, pages 1-8, 2015.
- [5] J. J. Q. Yu, A. Y. S. Lam, V. O. K. Li, Chemical reaction optimization for the set covering problem. In *2014 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, Beijing, China, pages 512-519, 2014.