

Layout de Redes de Sensores Sem Fio com Múltiplas Origens e Destinos: Uma Abordagem Combinatória

Igor Morais - CEFET/RJ - igor.morais@eic.cefet-rj.br, Liss Faulhaber - CEFET/RJ - liss.faulhaber@eic.cefet-rj.br, Felipe Henriques - CEFET/RJ - fhenriques@cefet-rj.br, Pedro Henrique González Silva - CEFET/RJ - pegonzalez@eic.cefet-rj.br

Introdução

Há diversas aplicações para as Redes de Sensores sem Fio (RSSF): monitoramento de sinais ambientais[1], aplicações militares[2], entre outras. Neste trabalho, investiga-se o problema de Planejamento de Redes de Sensores Sem Fio (PRSSF-MOD), onde a rede é formada por múltiplas origens (sensores) e múltiplos destinos (sorvedouros). A topologia da rede é representada através de um grafo e na resolução do problema proposto, iremos definir um modelo de Programação Linear Inteira (PLI) e um grafo auxiliar que será utilizado junto ao modelo.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é minimizar o número de sensores da topologia da rede em uma dada região de interesse, de modo a atender as conexões entre múltiplas origens e destinos.

Definição do problema

Dado um conjunto S de sensores, onde para cada $s \in S$ é associado um conjunto $\{s_i | i=1..k$, um raio de comunicação r , um custo de alocação c e um conjunto P de origens e destinos $p=\{op,dp\}$. Utilizando essas informações pretende-se construir uma topologia $T \subseteq S$ que conecte todos os pares de origens destinos $p=\{op,dp\}$, de forma direta ou por múltiplos saltos entre sensores intermediários, de modo a minimizar o custo de instalação da rede.

Modelo PLI e grafo auxiliar

Para resolver o problema foram definidos um modelo PLI[3] (Figura 1) e um grafo auxiliar $G=(V,E)$ (Figura 2), onde V é definido pelas possíveis posições de S e vértices artificiais A que representam origens e destinos e E compreende as arestas definidas pela intersecção entre os raios de comunicação dos sensores em diferentes grupos. Para finalizar a aplicação são adicionadas arestas entre os nós artificiais de origem e destino e seus respectivos grupos de sensores.

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in V} c_i y_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{(i,j) \in \delta^+(i)} x_{ij}^p - \sum_{(j,i) \in \delta^-(i)} x_{ji}^p = b_i^p, \quad \forall i \in V, p \in P, \quad (1) \\ & \sum_{\alpha \in C(i)} y_\alpha \leq 1, \quad \forall i \in S \quad (2) \\ & x_{ij}^p \leq y_i, \quad \forall (i,j) \in E, p \in P \quad (3) \\ & x_{ij}^p \leq y_j, \quad \forall (i,j) \in E, p \in P \quad (4) \\ & y_i = 1, \quad \forall i \in A \quad (5) \\ & x_{ij}^p \in \{0,1\}, \quad \forall (i,j) \in E, p \in P \quad (6) \\ & y_i \in \{0,1\}, \quad \forall i \in V \quad (7) \end{aligned}$$

where

$$b_i^p = \begin{cases} -1 & \text{if } i = d_p, \\ 1 & \text{if } i = o_p, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

Figura 1: Modelo PRSSF-MOD

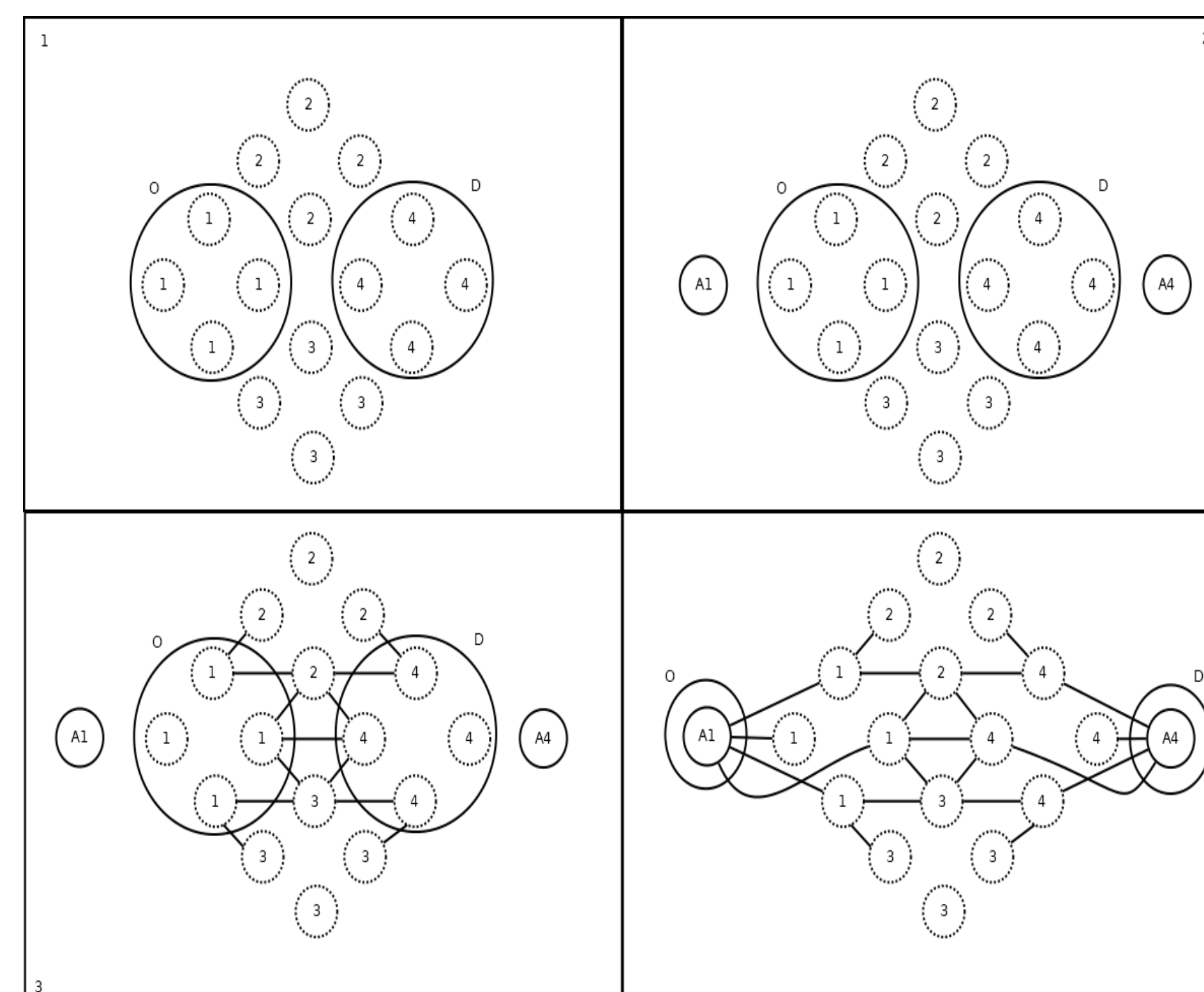


Figura 2: Grafo auxiliar

Restrição (1) garante a existência de um caminho entre origens e destinos, Restrição (2) garante que apenas uma posição dentre as candidatas será escolhida, (3) e (4) representam que uma aresta só pode ser usada se existe um sensor naquela posição e a Restrição (5) define que todo nó artificial está na solução.

Experimentos computacionais

Os experimentos computacionais se baseiam na instância real do intel lab data[4], que possui 54 sensores de monitoramento ambiental. Os grupos de possíveis posições e as origens e destinos de cada experimento estão apresentadas abaixo.

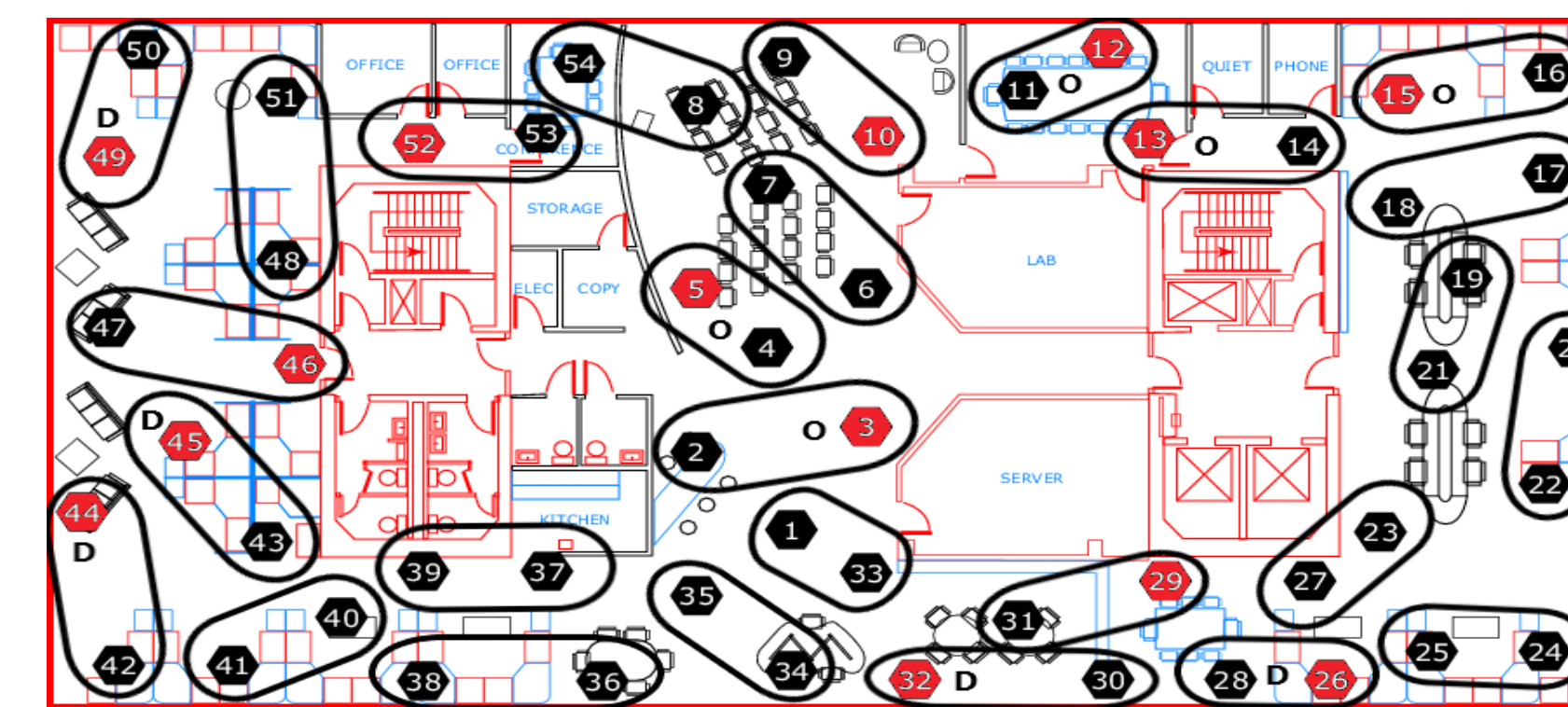


Figura 3(a): Instância com 27 possíveis Sensores e 5 Origens e Destinos

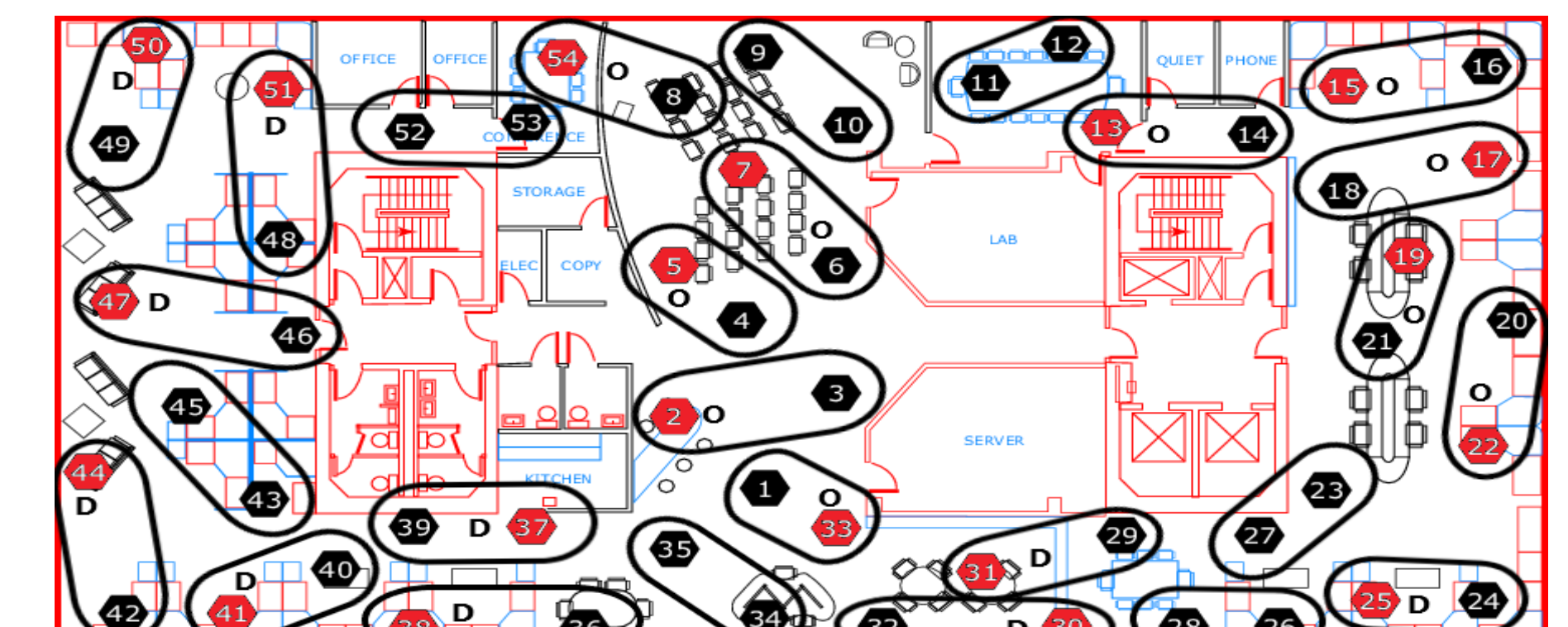


Figura 3(b): Instância com 27 possíveis Sensores e 10 Origens e Destinos

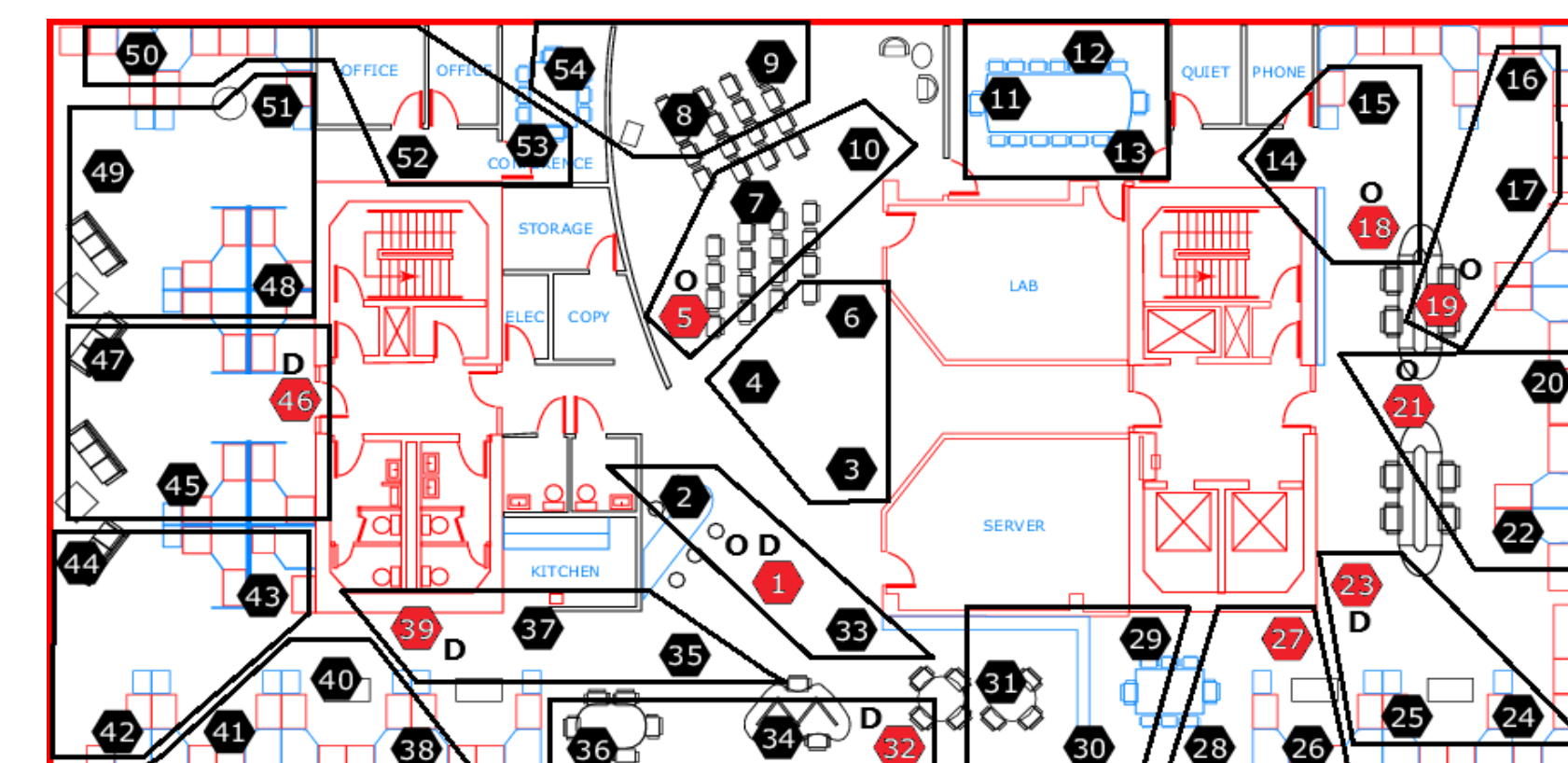


Figura 3(c): Instância com 18 possíveis Sensores e 5 Origens e Destinos

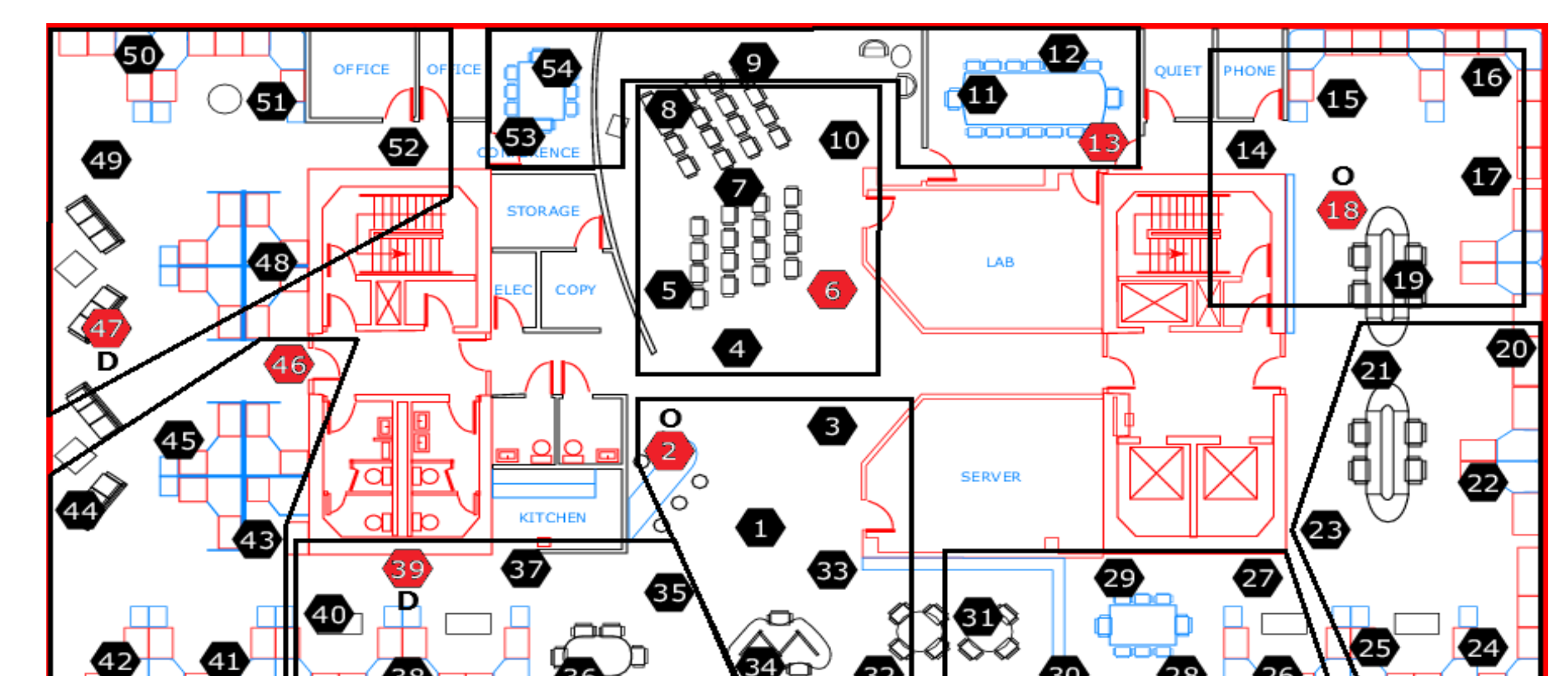


Figura 3(d): Instância com 9 possíveis Sensores e 2 Origens e Destinos

Os experimentos foram executados em um Core i5 2.3 GHz, 16 GB de RAM, implementados em C++ usando CPLEX e compilados no gcc 9.3.0. Foram necessários, no máximo, 14 segundos para a execução das instâncias, o que demonstra a viabilidade da solução proposta.

Conclusões

Este trabalho apresentou uma versão modificada do PRSSF que considera múltiplas origens e destinos. O modelo foi avaliado em uma instância real e obteve uma redução na quantidade de sensores de 25% utilizados na topologia.

Referências

- Henriques, F. R., Lovisolo, L., and Rubinstein, M. G. . DECA: distributed energy conservation algorithm for process reconstruction with bounded relative error in wireless sensor networks. EURASIP Journal on Wireless Com. and Net., v. 163, p. 1–18, 2016.
- Azzabi, T., Farhat, H., and Sahli, N. (2017). A survey on wireless sensor networks security issues and military specificities. In 2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (ICASET), pages 66–72.
- Wolsey, L. A. (1998). Integer programming, volume 52. John Wiley & Sons.
- lab WSN, I. B. (2004). <http://db.csail.mit.edu/labdata/labdata.html>.