



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Faculdade de Engenharia de Produção

**Relatório de Apresentação e Modelo de Pesquisa Operacional na Saúde**

Tasso A. T. Pimmenta  
2021072198

29 de janeiro de 2025

**Resumo**

Este relatório apresenta um modelo de pesquisa operacional aplicado à saúde, focando na localização e facilidades. O objetivo é otimizar a distribuição de recursos e melhorar o acesso aos serviços de saúde. Foi apresentado diversos algoritmos da literatura e o que cada um traz como objetivo e como é aplicado. Meu trabalho se concentra especificamente em um algoritmo hierarquico para representar os hospitais, com o objetivo de minimizar os custos.

# Sumário

1	Introdução	2
2	Metodologia	2
2.1	Formulação do Problema . . . . .	2
2.2	Dados Utilizados . . . . .	4
3	Conclusão	4

## 1 Introdução

A aplicação de modelos de pesquisa operacional na área da saúde tem por objetivo otimizar a distribuição de recursos. Os modelos mais comuns de localização de facilidades são:

- **Set covering:** visa atender toda a demanda possível com o menor número de facilidades.
- **Maximal covering:** visa atender a maior parte da demanda possível com facilidades limitadas.
- **P-median:** escolhe a localização com base na densidade da demanda.
- **P-center:** escolhe a localização para reduzir a distância máxima entre a facilidade e a demanda.
- **Fixed charger:** visa atender a demanda com o menor custo possível.
- **Hierarchical:** visa atender a demanda com o menor custo possível, mas com uma hierarquia de facilidades.

## 2 Metodologia

Descrevemos a metodologia utilizada para desenvolver o modelo de localização de facilidades. Inclui a formulação do problema, as variáveis envolvidas e as restrições consideradas.

A escolha do modelo foi um baseado no modelo Hierárquico, onde cada nível representa uma categoria de unidade de saúde. O modelo foi contruido de forma a ser tanto um modelo de alocação quanto como de distribuição, onde se minimiza os custos de atendimento e funcionamento, de modo onde se for mais barato é permitido contruir unidades novas.

### 2.1 Formulação do Problema

O modelo hierárquico de localização de facilidades é formulado como um problema de programação linear inteira mista. A seguir, apresentamos a formulação matemática do problema:

**Variáveis de Decisão:**

- $y_{i,j}$ : variável binária que indica se a demanda  $i$  é atendida pela unidade de saúde  $j$ .

- $y1_j, y2_j, y3_j$ : variáveis binárias que indicam se a unidade de saúde  $j$  nos níveis 1, 2 e 3 está aberta, respectivamente.
- $u1_{p,i,j}, u2_{j,j2}, u3_{j2,j3}$ : variáveis contínuas que representam o fluxo de pacientes entre os níveis de unidades de saúde.
- $l1_{e,l}, l2_{e,l}, l3_{e,l}$ : variáveis contínuas que representam a alocação de equipes de saúde nas unidades de saúde.

**Função Objetivo:** Minimizar o custo total, que inclui custos de travessia, custos fixos e variáveis das unidades de saúde, e custos de equipe:

$$\begin{aligned}
\text{Minimizar } & \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j \in L[1]} D1_{i,j} \cdot TC1_{i,j} \cdot u1_{p,i,j} + \\
& \sum_{j \in L[1]} \sum_{j2 \in L[2]} D2_{j,j2} \cdot TC2_{j,j2} \cdot u2_{j,j2} + \\
& \sum_{j2 \in L[2]} \sum_{j3 \in L[3]} D3_{j2,j3} \cdot TC3_{j2,j3} \cdot u3_{j2,j3} + \\
& \sum_{j \in EL[1]} FC1_j \cdot y1_j + \sum_{j2 \in EL[2]} FC2_{j2} \cdot y2_{j2} + \sum_{j3 \in EL[3]} FC3_{j3} \cdot y3_{j3} + \\
& \sum_{j \in CL[1]} \sum_{e \in E[1]} CE1_e \cdot y1_j + \sum_{j2 \in CL[2]} \sum_{e \in E[2]} CE2_e \cdot y2_{j2} + \sum_{j3 \in CL[3]} \sum_{e \in E[3]} CE3_e \cdot y3_{j3} + \\
& \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} \sum_{j1 \in L[1]} D1_{i,j1} \cdot TC1_{i,j1} \cdot u1_{p,i,j1} \cdot VC1_{p,j1} + \\
& \sum_{p \in P} \sum_{j \in L[1]} \sum_{j2 \in L[2]} D2_{j,j2} \cdot TC2_{j,j2} \cdot u2_{j,j2} \cdot VC2_{p,j2} + \\
& \sum_{p \in P} \sum_{j2 \in L[2]} \sum_{j3 \in L[3]} D3_{j2,j3} \cdot TC3_{j2,j3} \cdot u3_{j2,j3} \cdot VC3_{p,j3}
\end{aligned}$$

### Restrições:

- Cobertura universal:

$$\sum_{p \in P} u1_{p,i,j} = \sum_{p \in P} W_{i,p} \cdot y_{i,j} \quad \forall i \in I, \forall j \in L[1]$$

- Cada demanda é atendida por uma unidade de saúde:

$$\sum_{j \in L[1]} y_{i,j} = 1 \quad \forall i \in I$$

- Fluxo entre níveis de unidades de saúde:

$$\sum_{j2 \in L[2]} u2_{j,j2} = O1_j \cdot \sum_{p \in P} \sum_{i \in I} u1_{p,i,j} \quad \forall j \in L[1]$$

$$\sum_{j3 \in L[3]} u3_{j2,j3} = O2_{j2} \cdot \sum_{j \in L[1]} u2_{j,j2} \quad \forall j2 \in L[2]$$

- Capacidade das unidades de saúde existentes:

$$\sum_{i \in I} u1_{p,i,j} \leq C1_{p,j} \quad \forall j \in EL[1], \forall p \in P$$

$$\sum_{j \in L[1]} u2_{j,j2} \leq C2_{j2} \quad \forall j2 \in EL[2]$$

$$\sum_{j2 \in L[2]} u3_{j2,j3} \leq C3_{j3} \quad \forall j3 \in EL[3]$$

- Capacidade das novas unidades de saúde:

$$\sum_{i \in I} u1_{p,i,j} \leq C1_{p,j} \cdot y1_j \quad \forall j \in CL[1], \forall p \in P$$

$$\sum_{j \in L[1]} u2_{j,j2} \leq C2_{j2} \cdot y2_{j2} \quad \forall j2 \in CL[2]$$

$$\sum_{j2 \in L[2]} u3_{j2,j3} \leq C3_{j3} \cdot y3_{j3} \quad \forall j3 \in CL[3]$$

- Limite no número de novas unidades de saúde:

$$\sum_{j \in CL[1]} y1_j \leq U[1]$$

$$\sum_{j2 \in CL[2]} y2_{j2} \leq U[2]$$

$$\sum_{j3 \in CL[3]} y3_{j3} \leq U[3]$$

## 2.2 Dados Utilizados

os dados que uso no meu trabalho são os dados reais da cidade de Belo Horizonte. então a demanda é a quantidade de pessoas, os pontos de demandas os bairros ou as zonas sensítrias. A parte que não é exatamente que são dados reais são as localidades candidatas a contrução de novas unidades de saúde. Sendo então uma escolha arbitraria de onde posso permitir a contrução de novas unidades de saúde.

## 3 Conclusão

O modelo hierárquico de localização de facilidades é uma abordagem eficaz para otimizar a distribuição de recursos na área da saúde. Ainda é necesseário um refino no modelo, ainda mais levando em conta as dficuldades de usar e avaliar os dados reais. Existe uma imprecisão muito grande nos dados disponiveis, existe erro nos disponibilizados e falta muitos. por isso ainda não consigo avaliar o modelo com exatidão e ver o que ele me da como resposta otima.