

# Um estudo sobre árvores geradoras como alternativas conexas para o controle de doença em um grafo de infecção

Pedro G. Caninas

(Curso de Sistemas de Informação)

Orientadores:

Prof. Priscila C. Calegari

Prof. Álvaro J. P. Franco

(Departamento de Informática e Estatística)



# Introdução

- **Pandemia de COVID-19**
  - **Previsão e tomada de decisão**
  - **Diminuir o impacto na população**
  - **Importância da modelagem**

# Métodos

## Modelagem Epidemiológica

- Os modelos podem ser utilizados para estudar e prever a dinâmica de uma doença

# Métodos

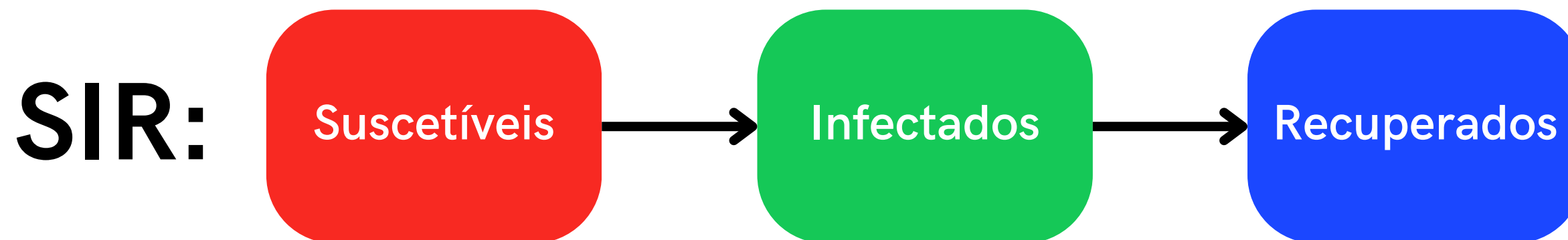
## Modelagem Epidemiológica

- Dividir pessoas em grupos
- Definir a dinâmica entre grupos
- Diferentes tipos: SIS, SISV, SIR, SEIR

# Métodos

## Modelagem Epidemiológica

- Dividir pessoas em grupos
- Definir a dinâmica entre grupos
- Diferentes tipos: SIS, SISV, SIR, SEIR





# Métodos

## Modelagem do mundo real

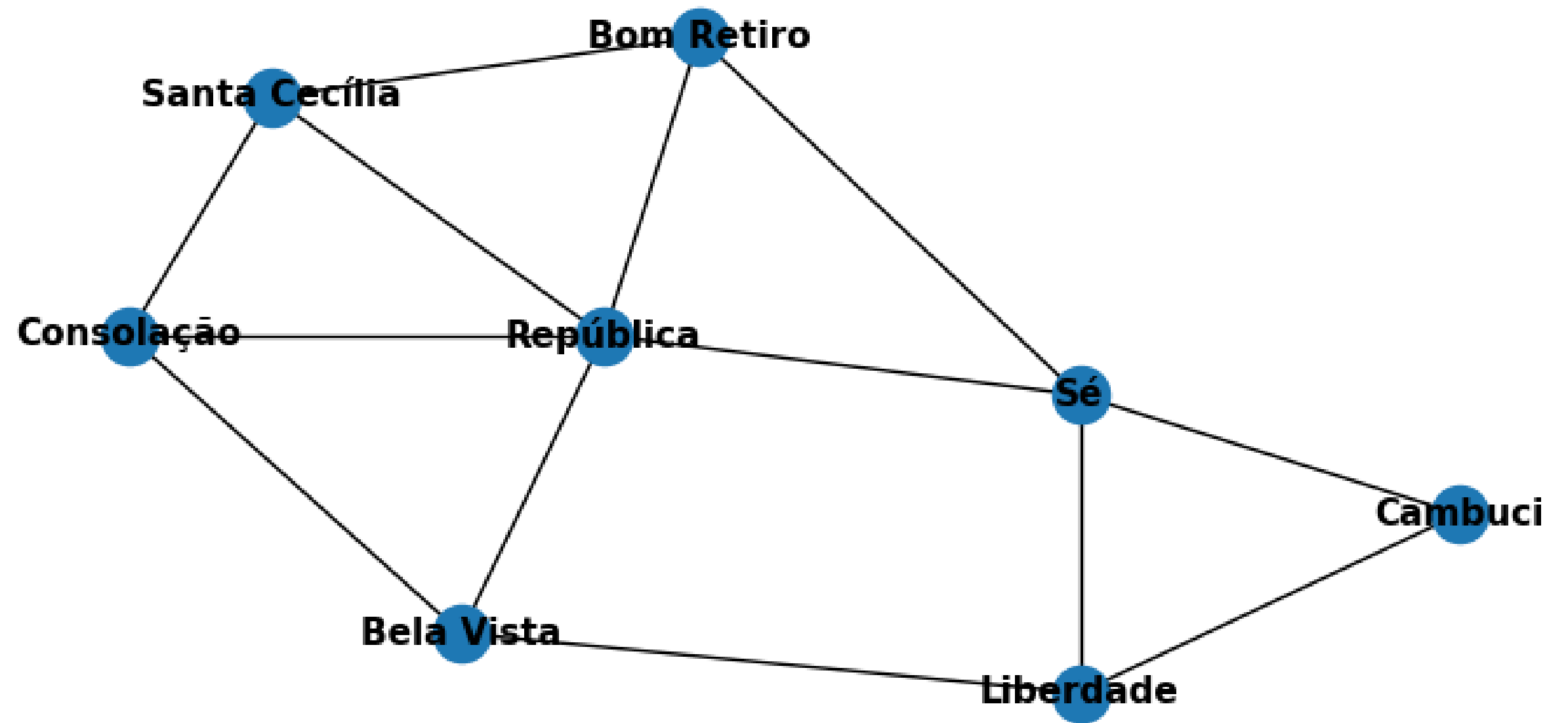
- **SIR aplicado em grafos**
  - Franco, Á. J. P. (2020). Epidemic model with restricted circulation and social distancing on some network topologies. In International Conference on Cellular Automata for Research and Industry (pp. 261-264).

# Métodos

## Modelagem do mundo real

### Grafos

- Vértices
- Arestas



Centro da cidade de São Paulo

# Métodos

Modelo utilizado

**Suscetíveis**

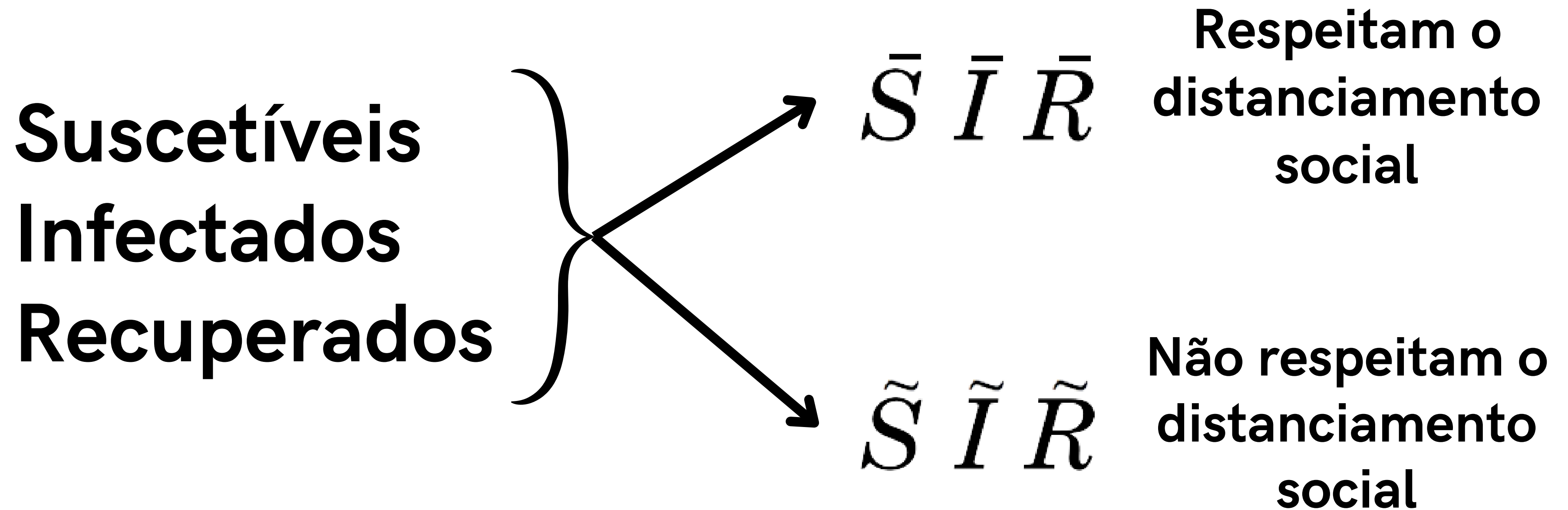
**Infectados**

**Recuperados**



# Métodos

## Modelo utilizado



# Métodos

Modelo utilizado

**As pessoas podem se movimentar dentro do grafo**

# Métodos

## Modelo utilizado

**As pessoas podem se movimentar dentro do grafo**

$\bar{S} \quad \bar{I} \quad \bar{R}$

**Respeitam o  
distanciamento  
social**



**Se movimentam  
apenas dentro do  
próprio bairro**

# Métodos

## Modelo utilizado

**As pessoas podem se movimentar dentro do grafo**

$\bar{S} \ \bar{I} \ \bar{R}$

**Respeitam o  
distanciamento  
social**



**Se movimentam  
apenas dentro do  
próprio bairro**

$\tilde{S} \ \tilde{I} \ \tilde{R}$

**Não respeitam o  
distanciamento  
social**

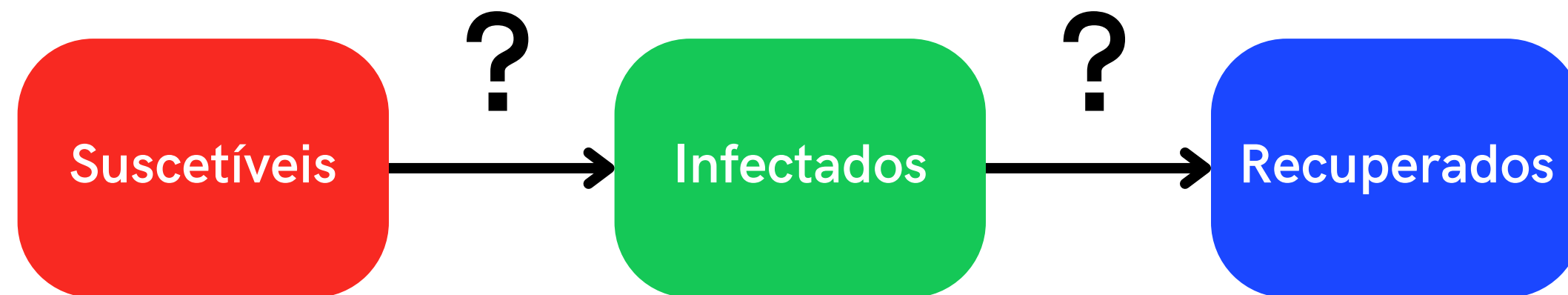


**Se movimentam  
para bairros  
adjacentes**

# Métodos

## Modelo utilizado

- Definir quantitativamente a dinâmica entre os grupos





# Métodos

## Modelo utilizado

- **Sistema de EDOs discretizadas**

# Métodos

Modelo utilizado

- Sistema de EDOs discretizadas

**Liberdade**

# Métodos

## Modelo utilizado

- Sistema de EDOs discretizadas

**Liberdade**

$$|S_i^{t+1}| \leq |S_i^t| - \lfloor v(\mathbb{E}[|\bar{X}_i^t|] + \mathbb{E}[|\tilde{X}_i^t|]) \rfloor =: |S_i^{t+1}|,$$

$$|I_i^{t+1}| \geq |I_i^t| - \lceil \varepsilon \mathbb{E}[|I_i^t|] \rceil + \lfloor v(\mathbb{E}[|\bar{X}_i^t|] + \mathbb{E}[|\tilde{X}_i^t|]) \rfloor =: |I_i^{t+1}|,$$

$$|R_i^{t+1}| \leq |R_i^t| + \lceil \varepsilon \mathbb{E}[|I_i^t|] \rceil =: |R_i^{t+1}|$$



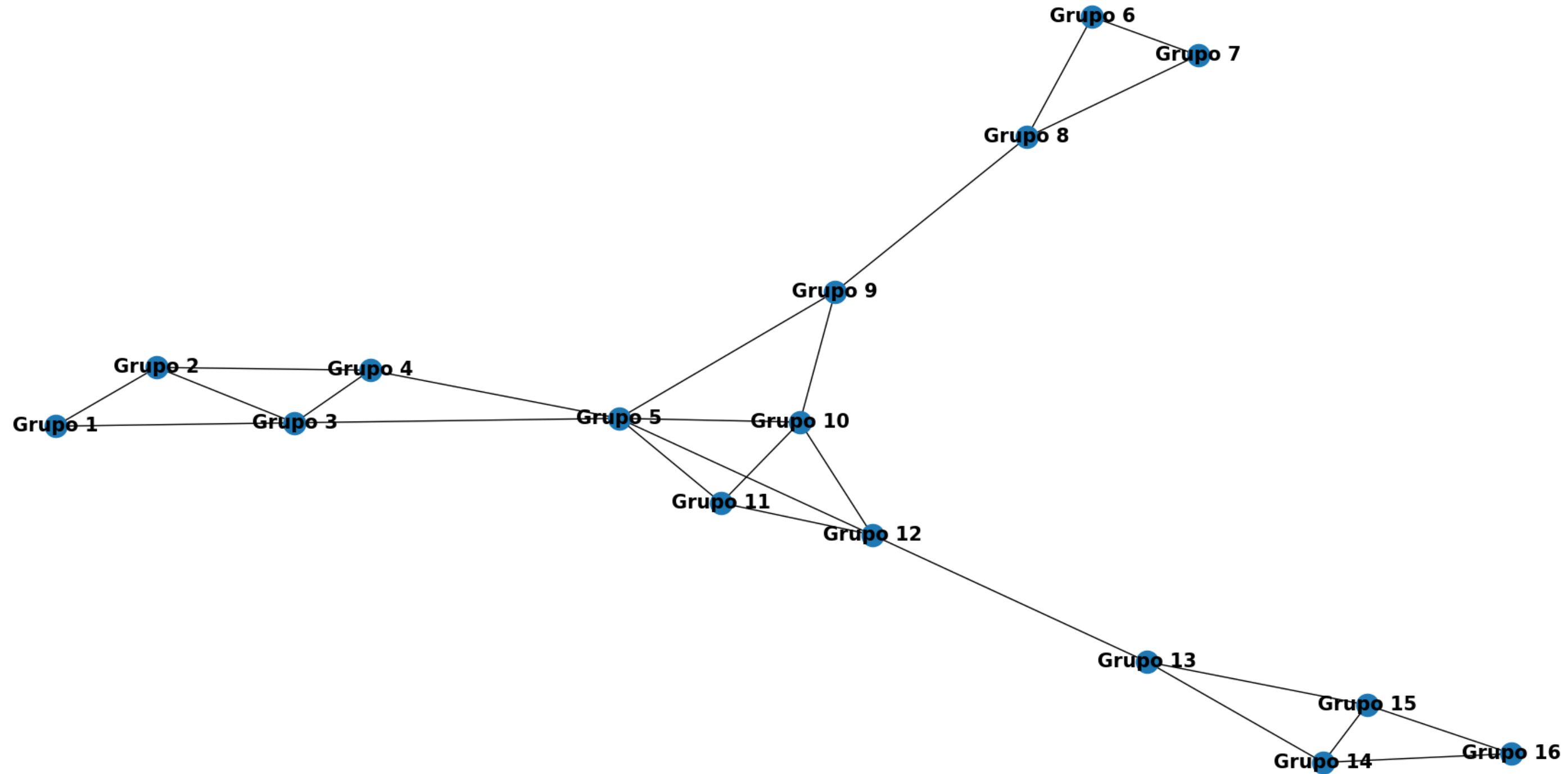
# Métodos

## Objetivos

- **Observar o comportamento da doença**
- **Diminuir o pico de infectados**
- **Alterações topológicas**

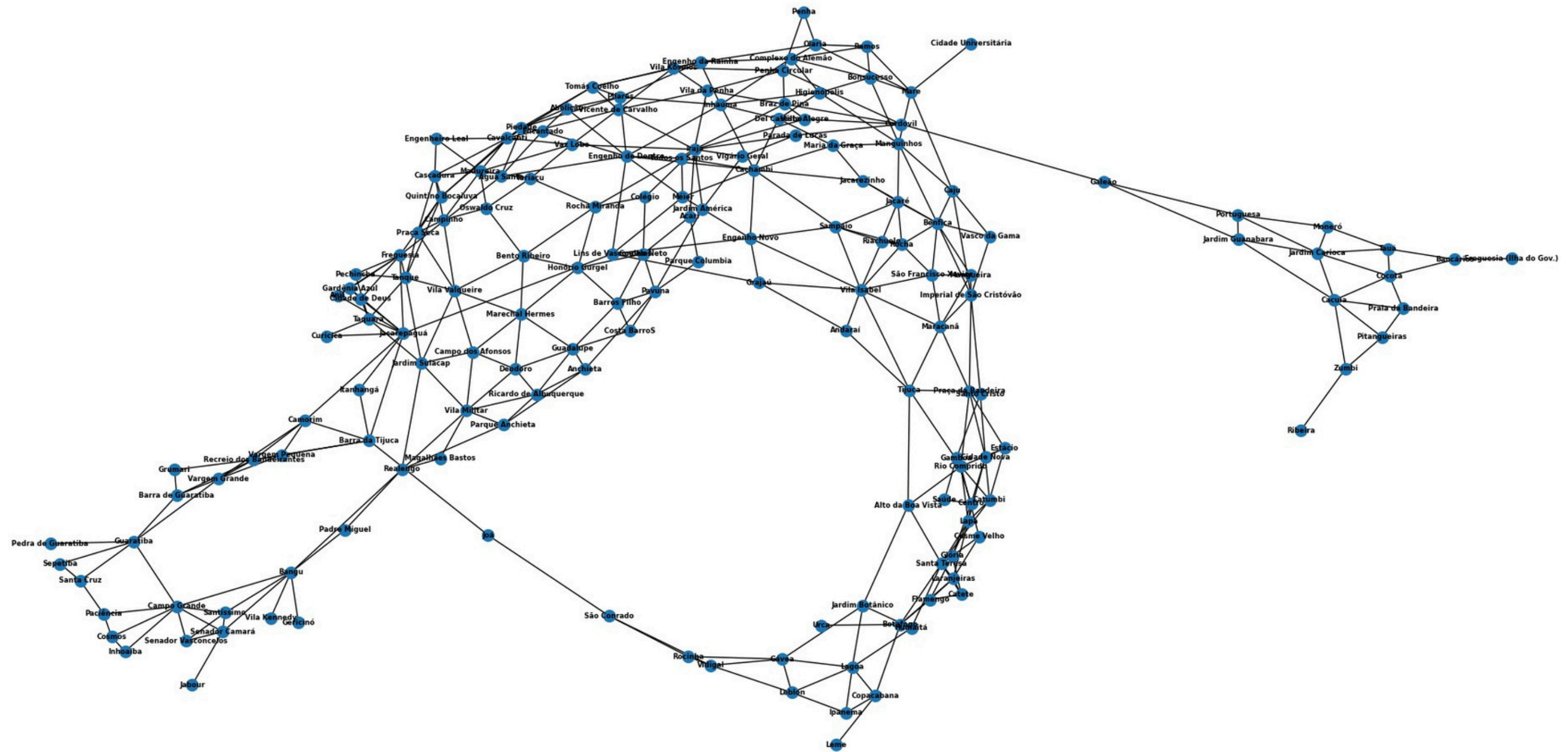
# Métodos

## Grafo simplificado de Florianópolis



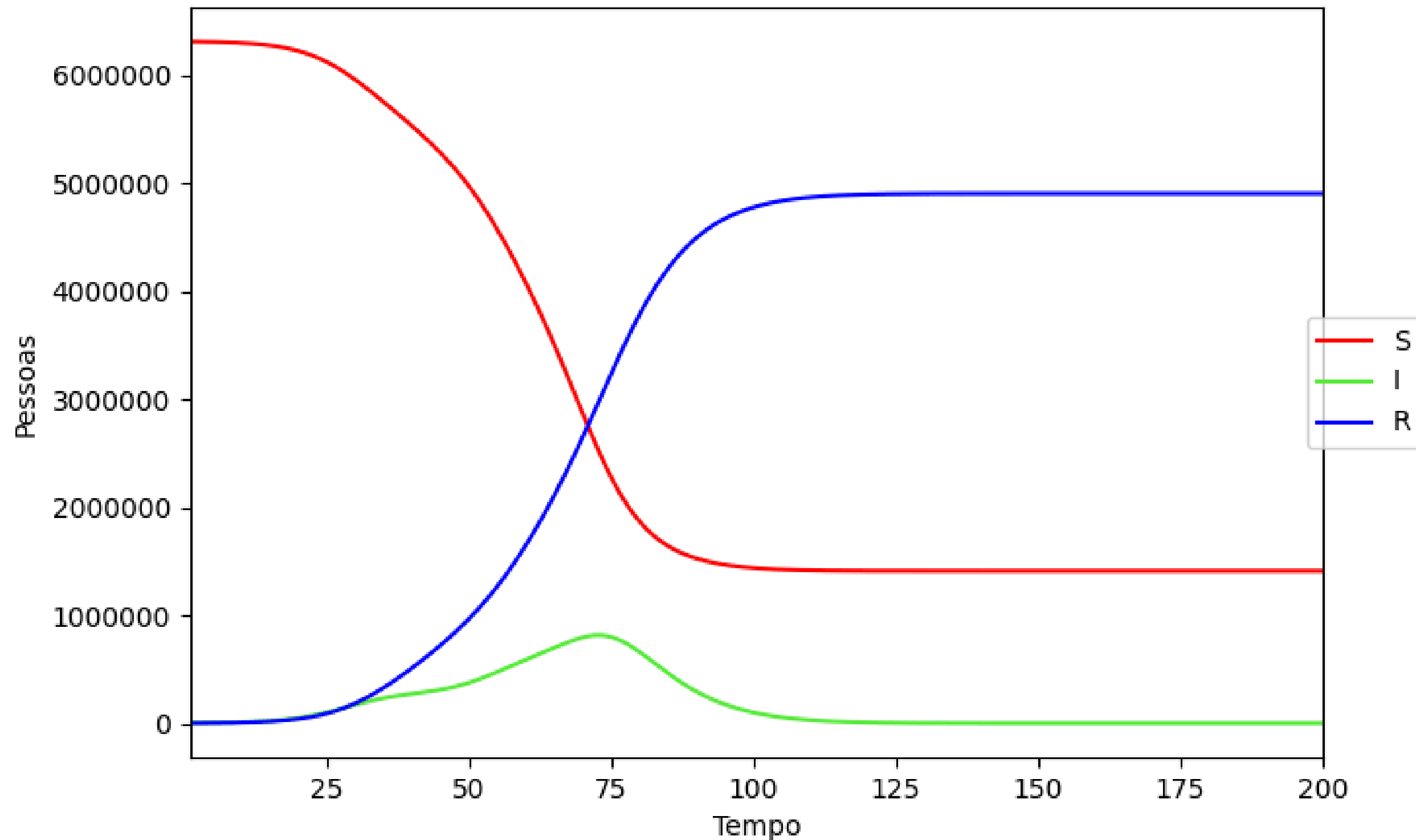
Ataide, W. C. (2022). Minimização do contágio em uma topologia com programação matemática.

# Grafo do Rio de Janeiro



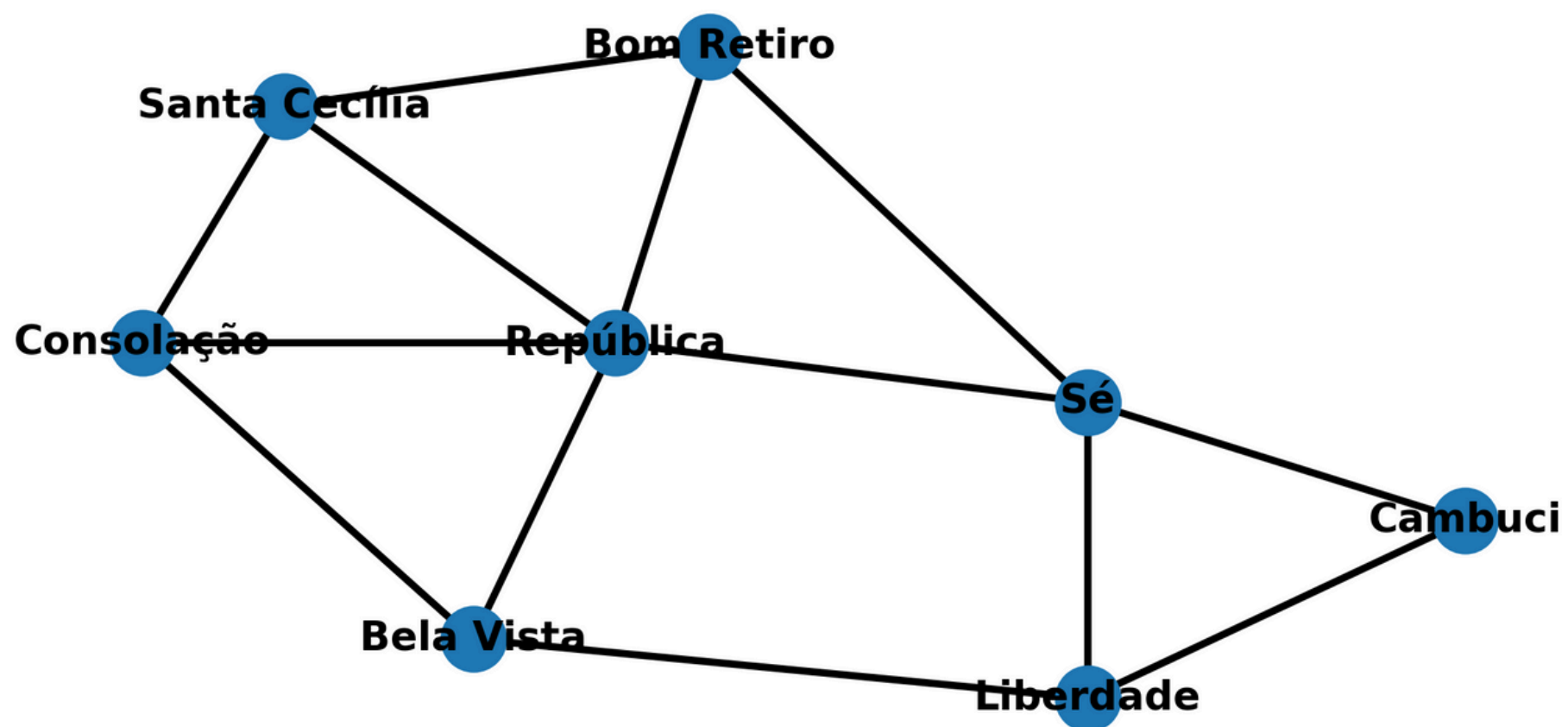
# Resultados

## Gráfico SIR da simulação no Rio de Janeiro

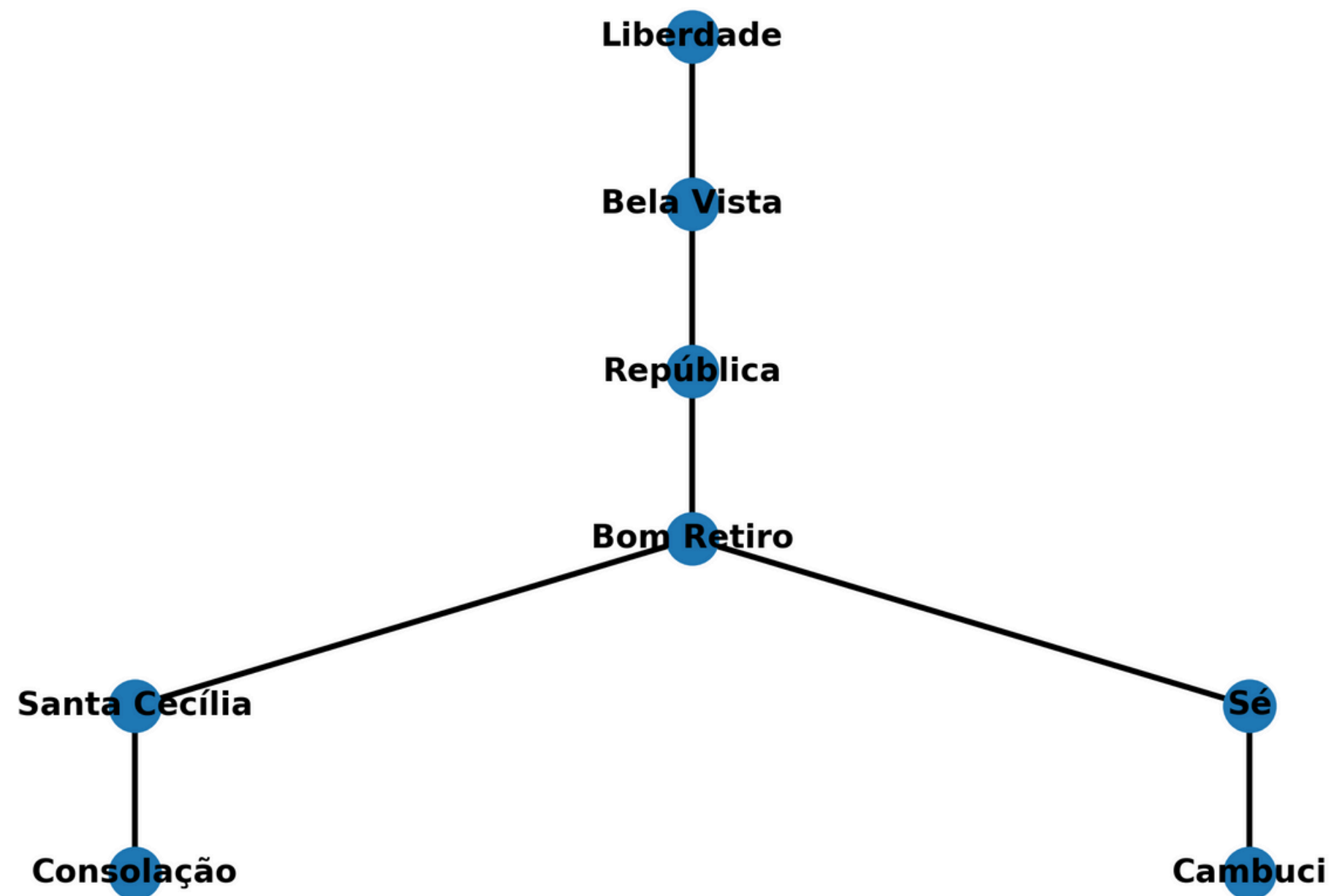


# Resultados

## Árvore de busca em profundidade



Centro da cidade de São Paulo

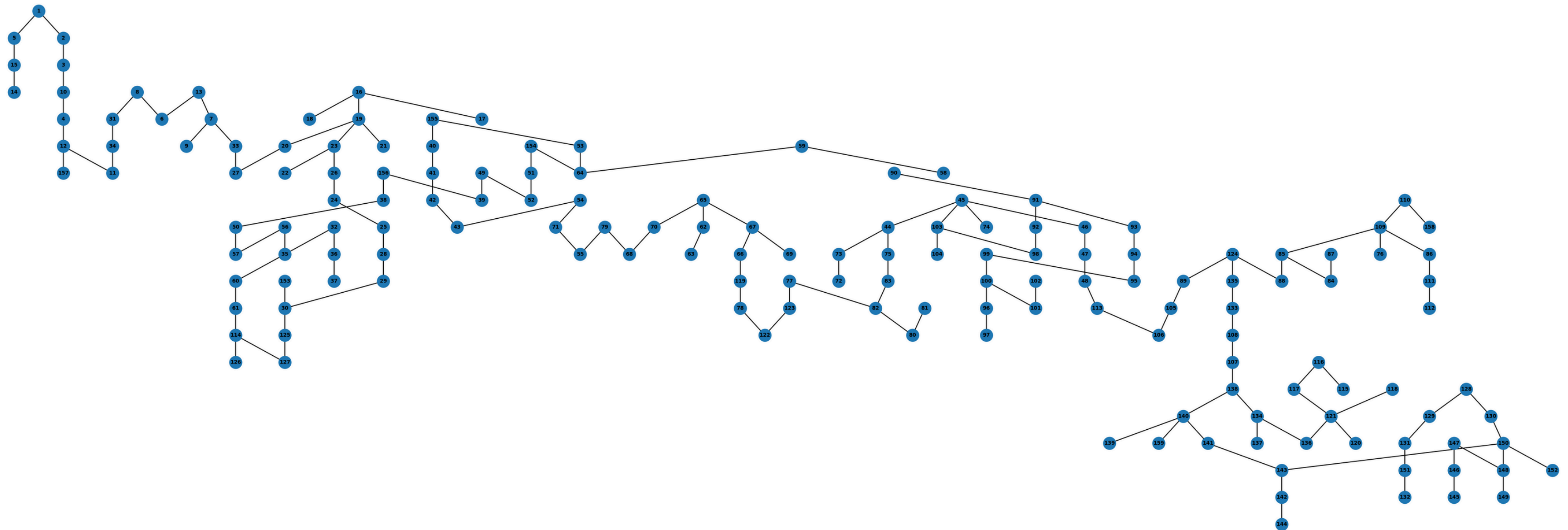


Árvore de profundidade com raiz na Liberdade



# Resultados

# Árvore de busca em profundidade

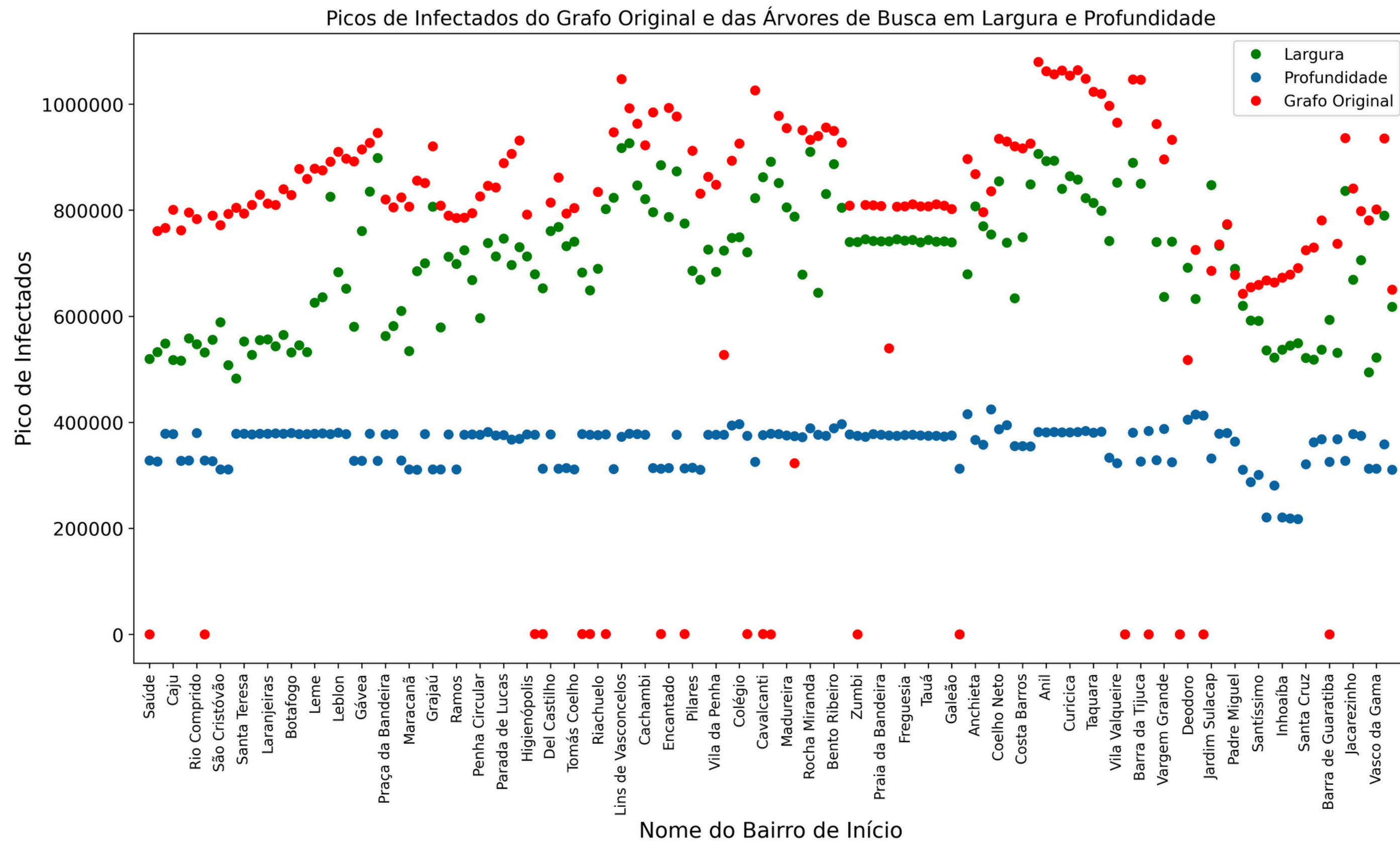


## Raiz - Flamengo, Rio de Janeiro



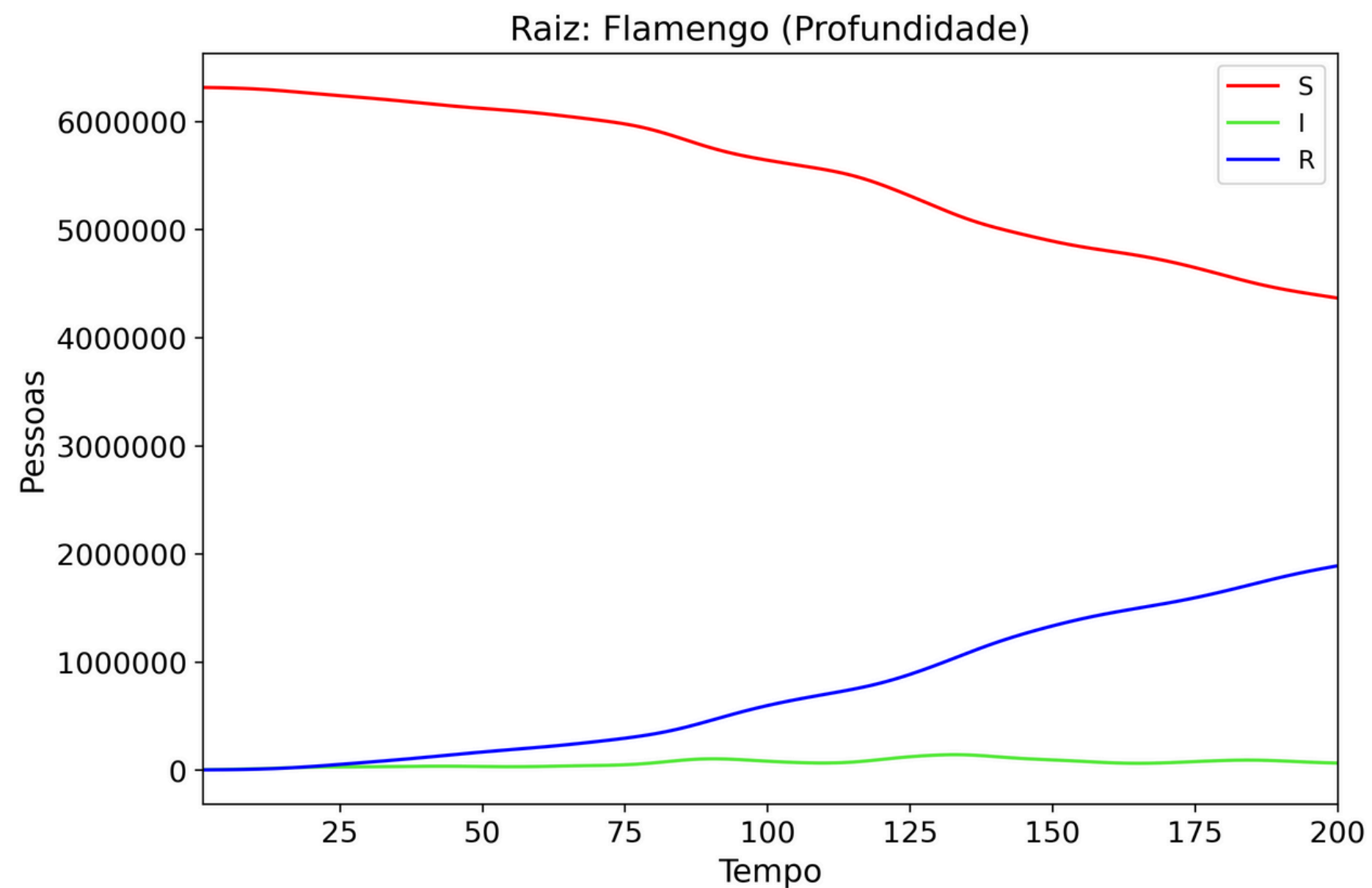
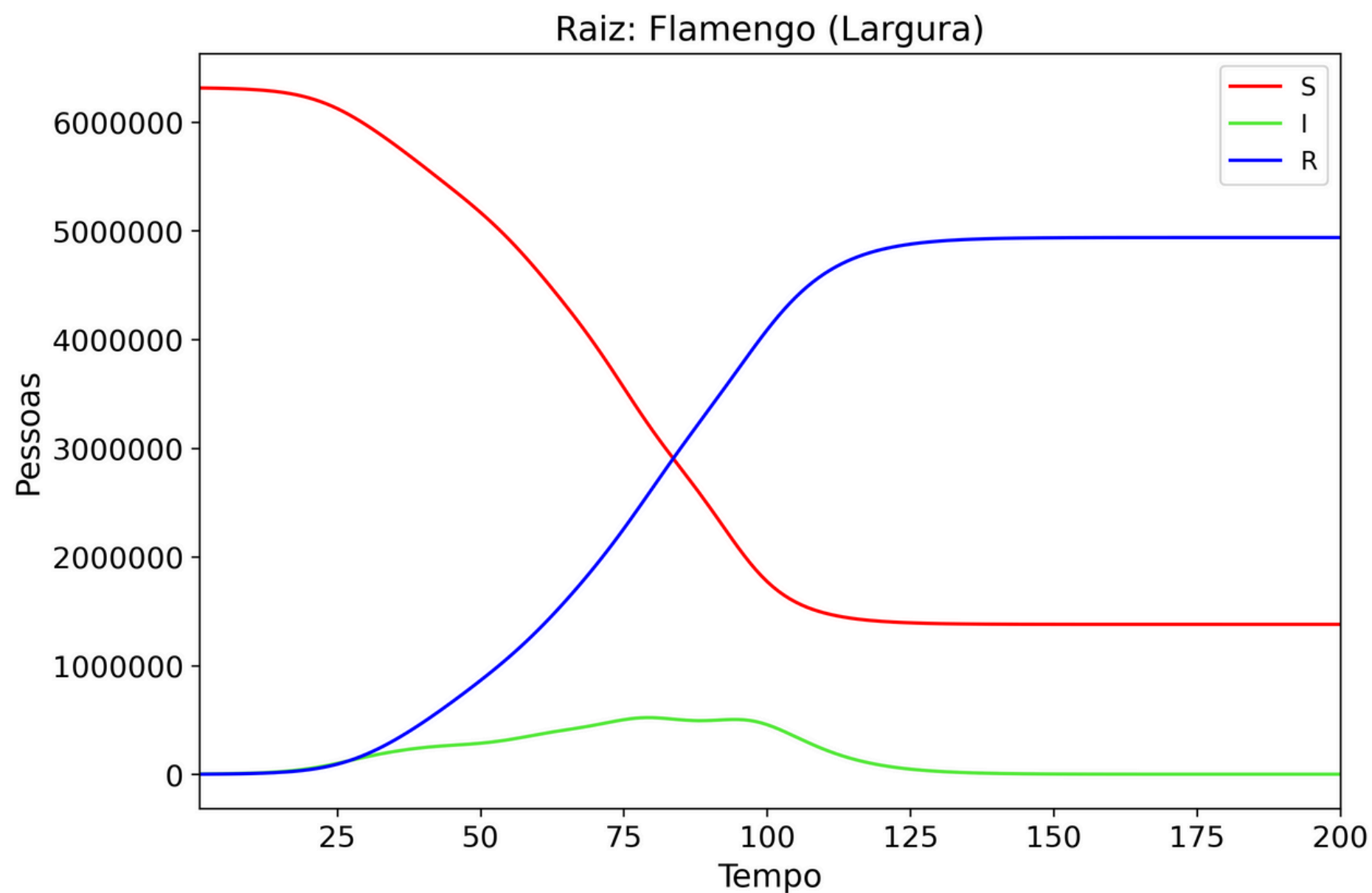
# Resultados

## Árvores de busca - RJ



# Resultados

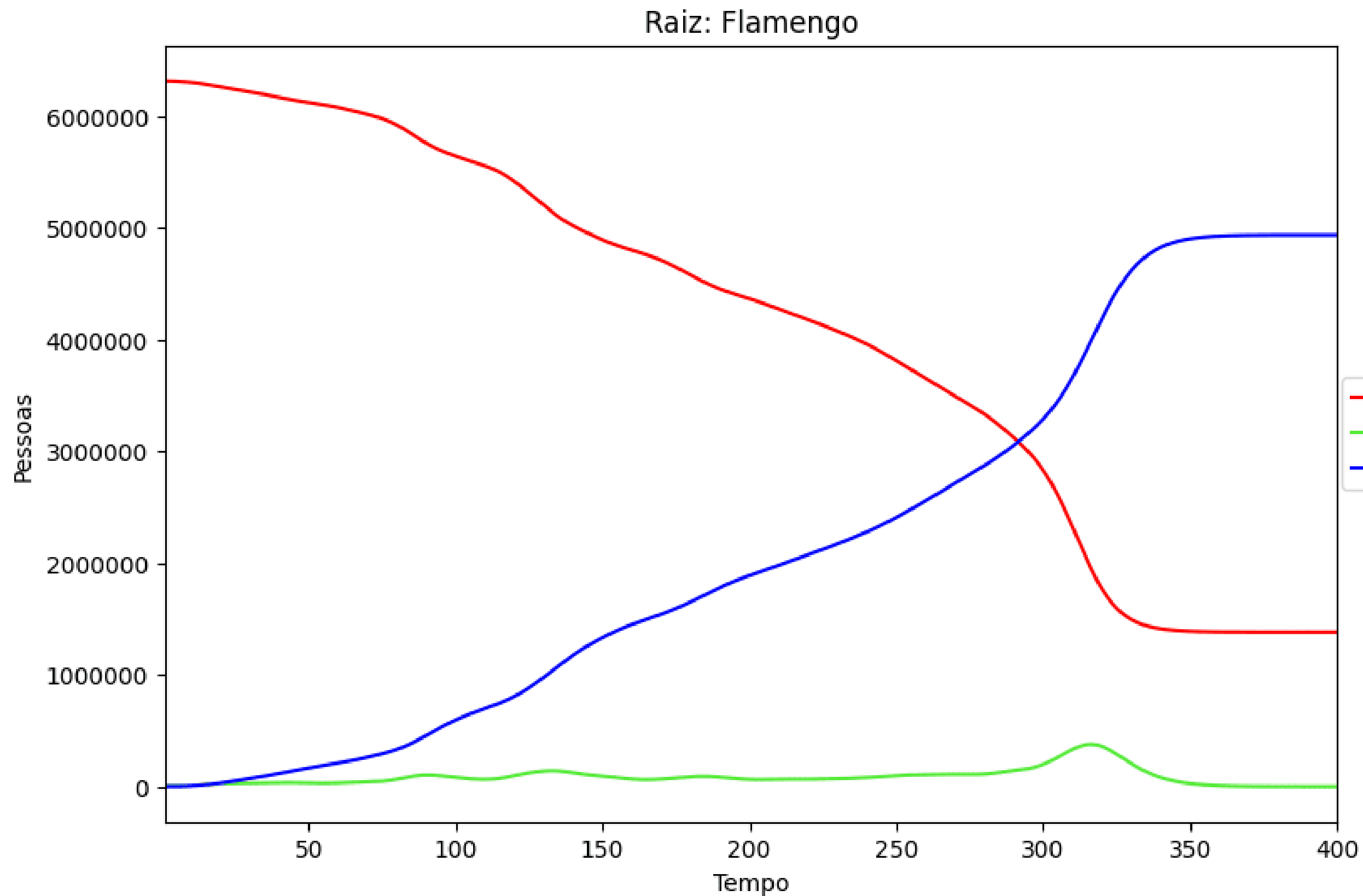
## Gráficos SIRxT de árvores





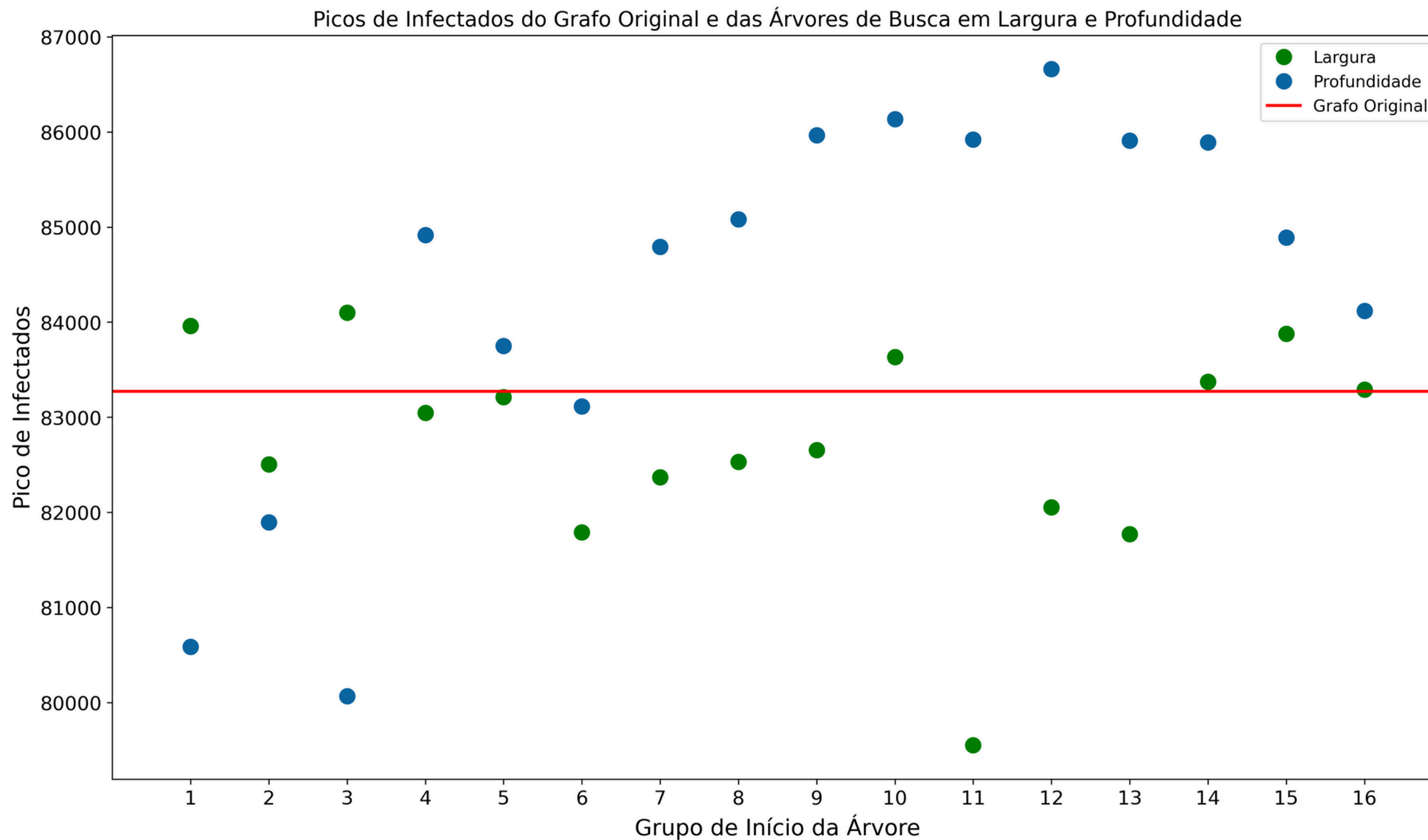
# Resultados

## Gráficos SIRxT de árvores



# Resultados

## Árvores de busca - Florianópolis



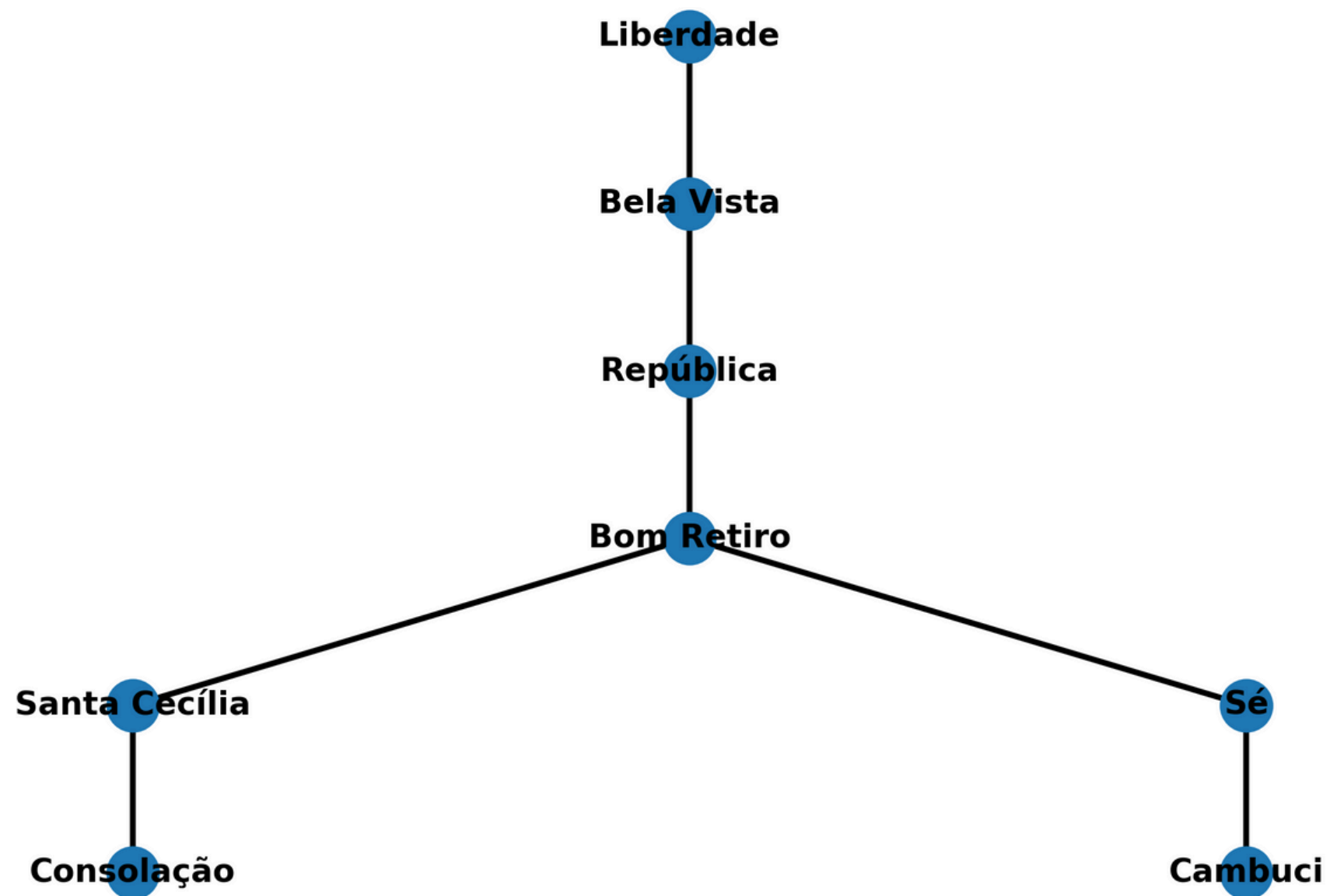
# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas

- **Desenvolvemos uma heurística para encontrar novas árvores**
- **Árvore vizinhas**

# Resultados

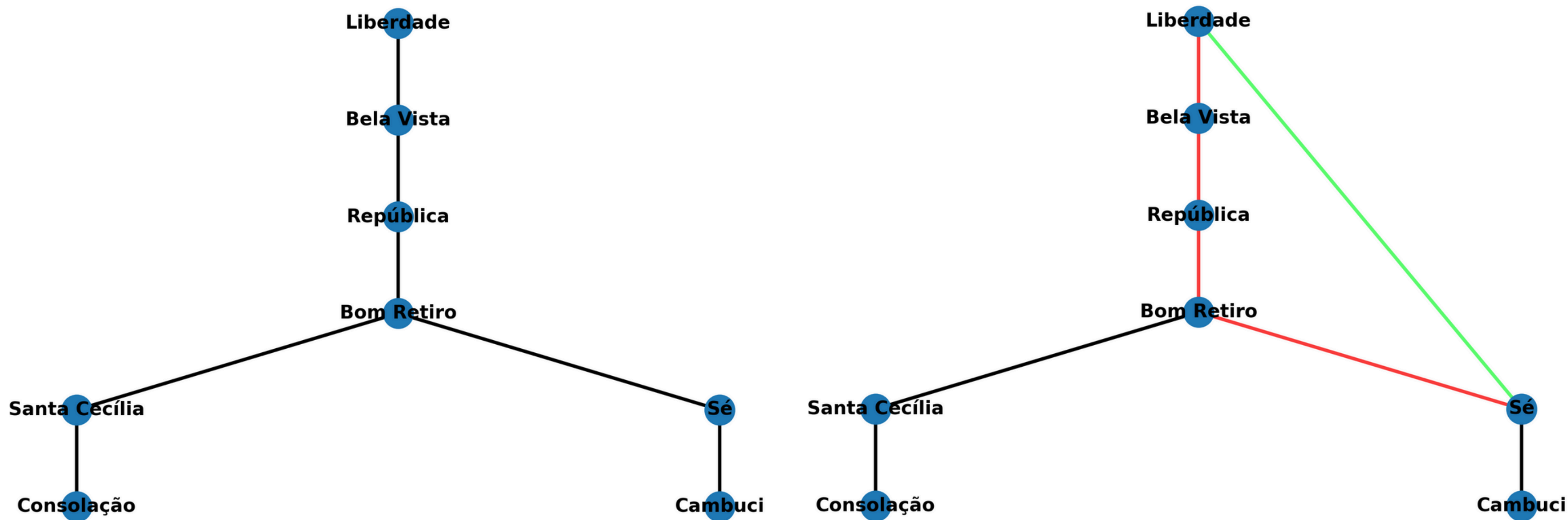
## Heurística de árvores vizinhas



Árvore de profundidade com raiz na Liberdade

# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas

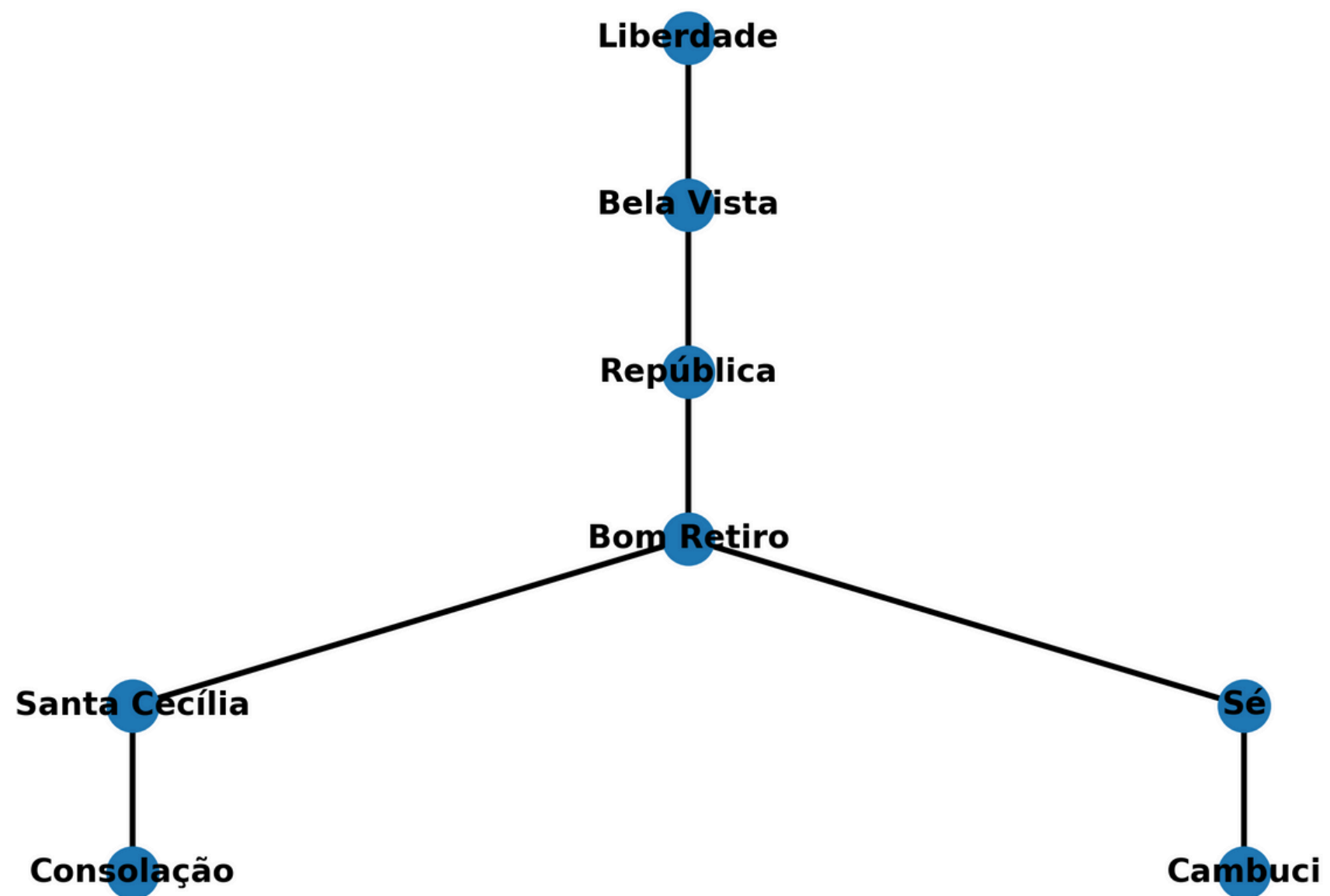


Árvore de profundidade com raiz na Liberdade

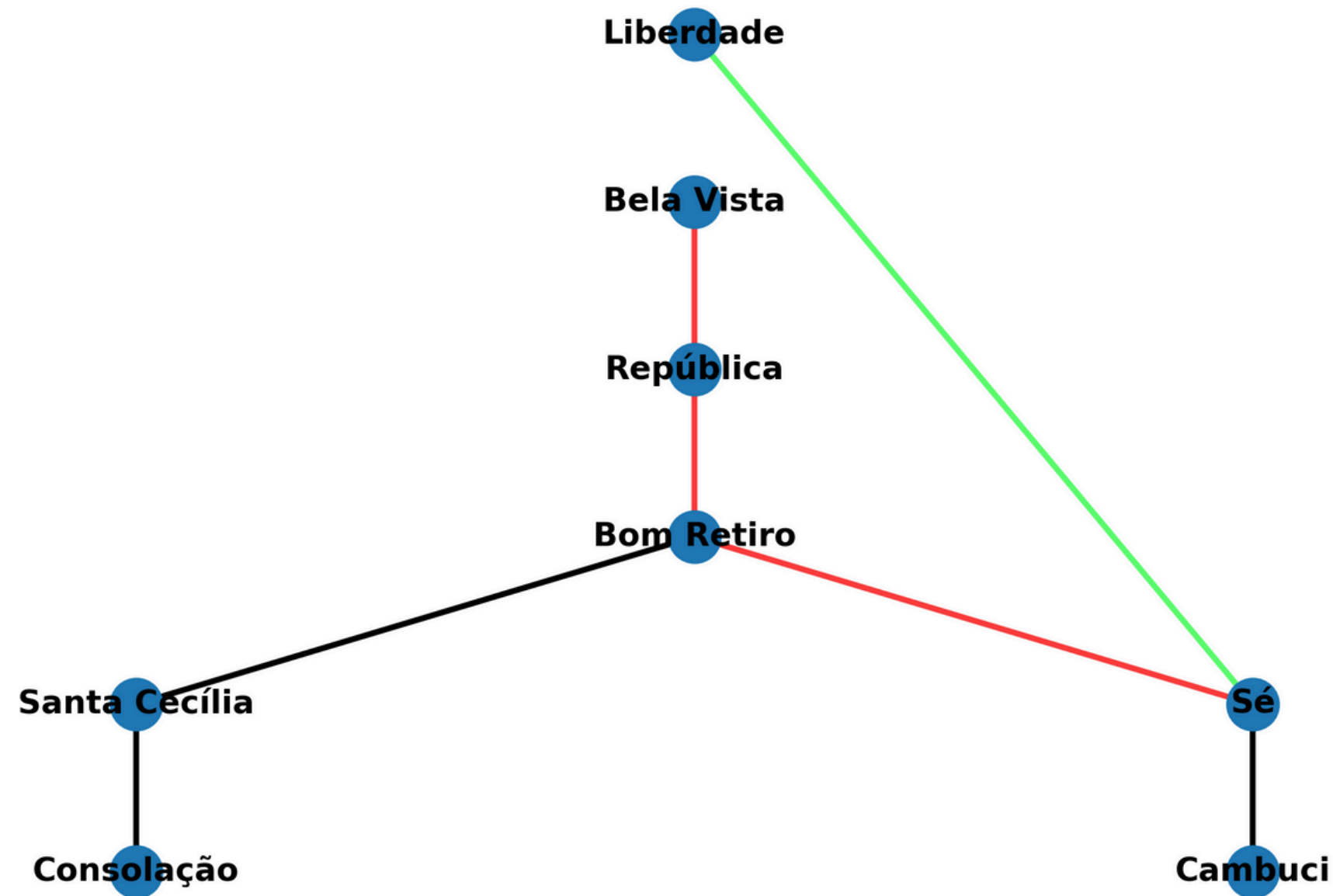


# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas



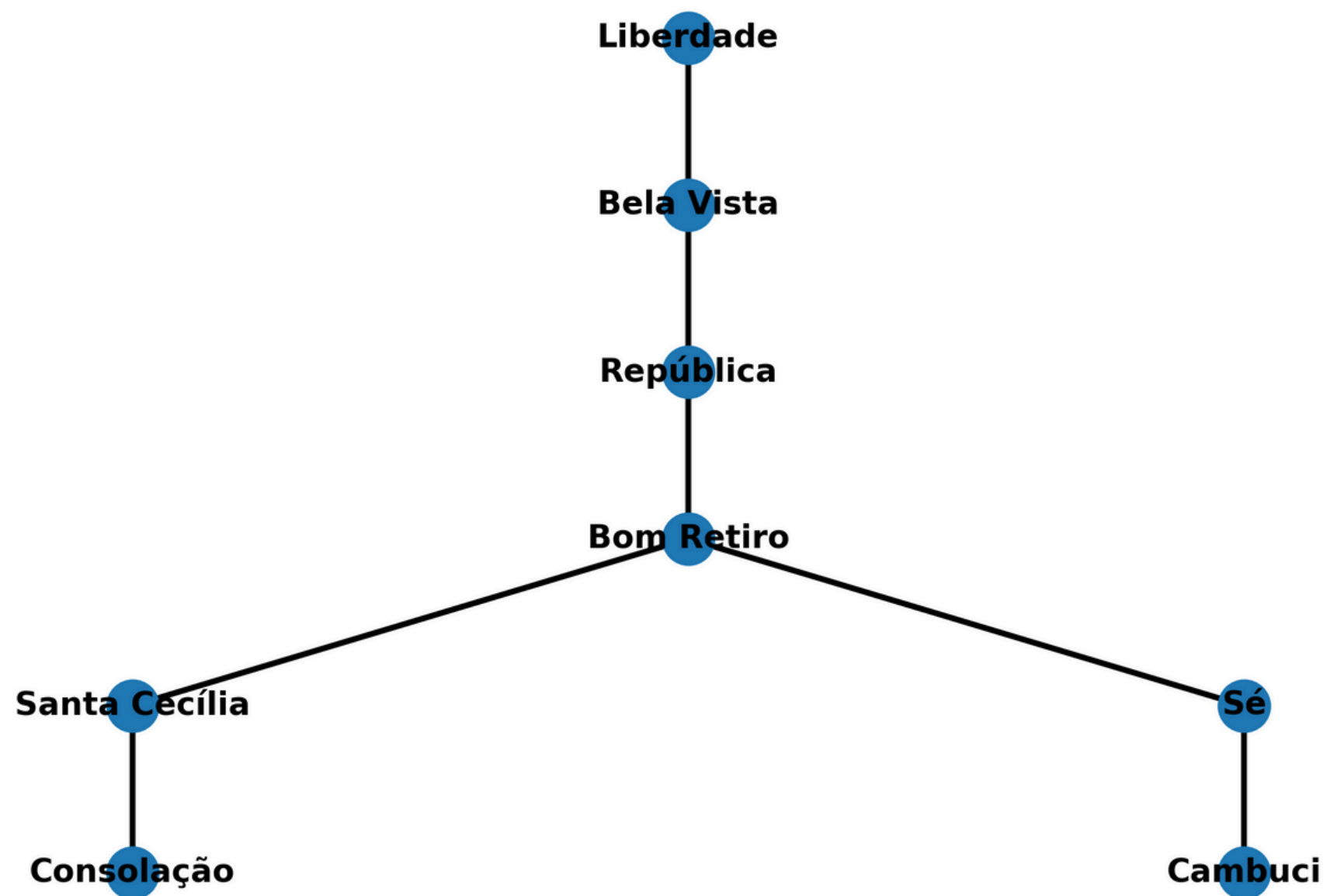
Árvore de profundidade com raiz na Liberdade



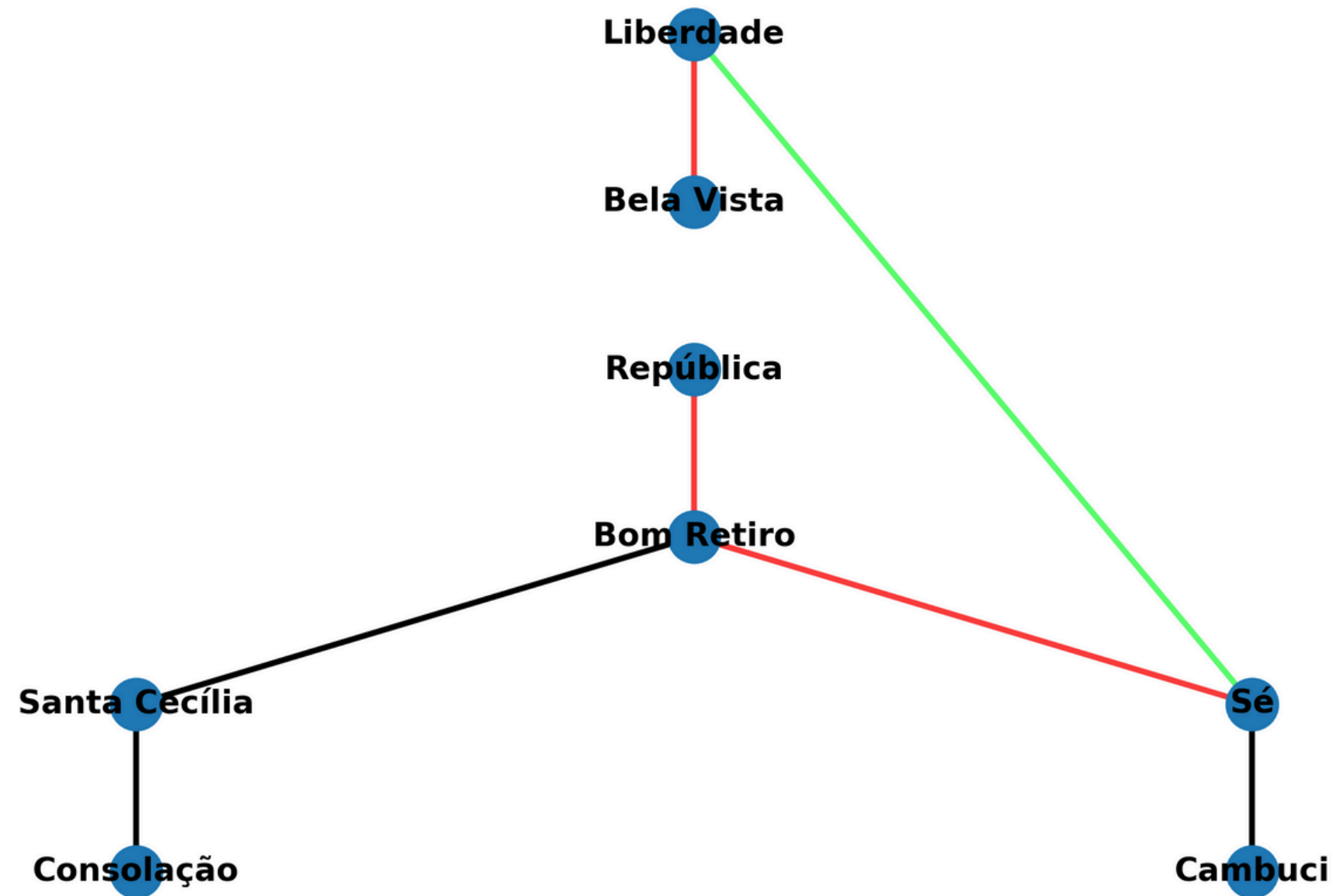
Árvore vizinha 1

# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas



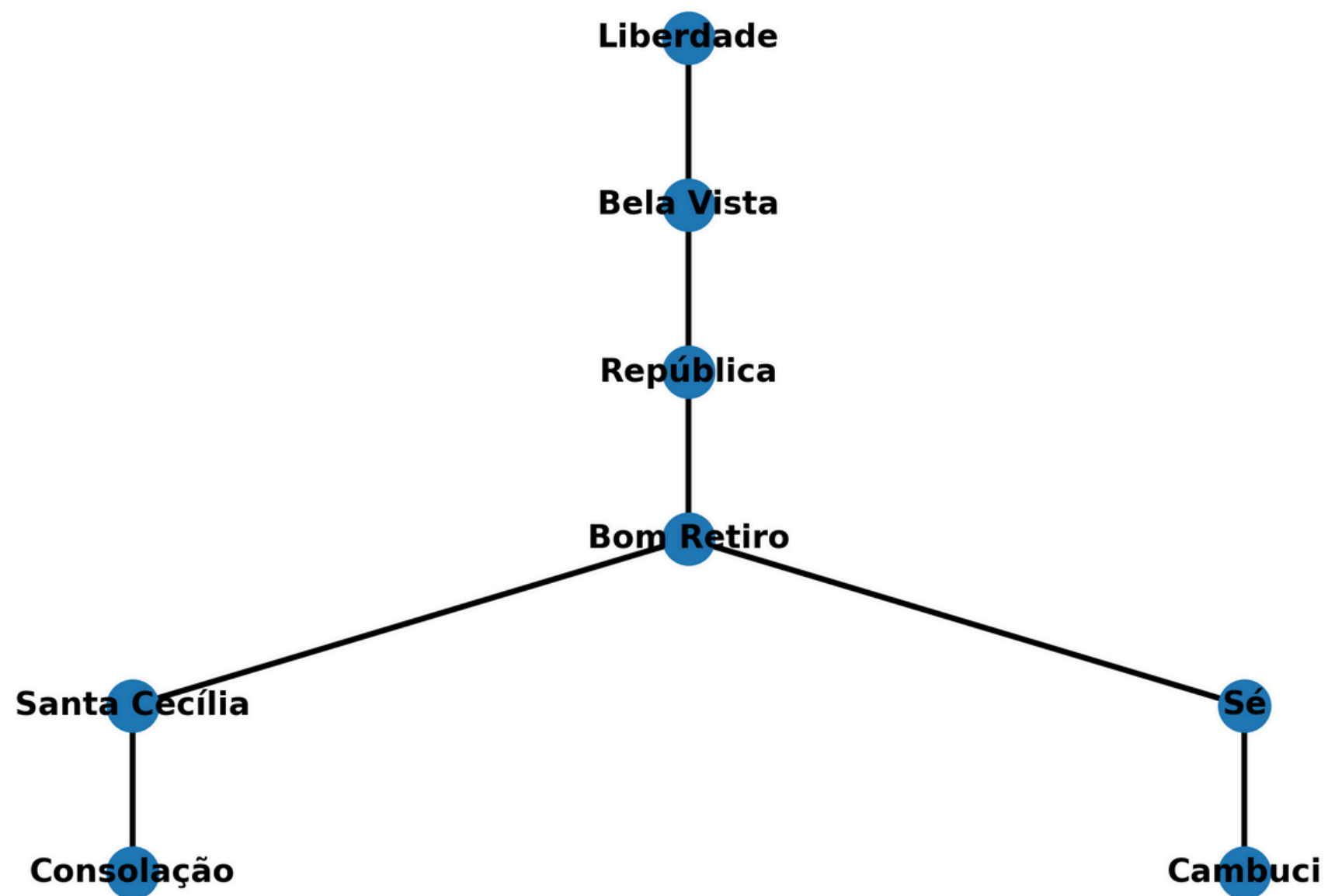
Árvore de profundidade com raiz na Liberdade



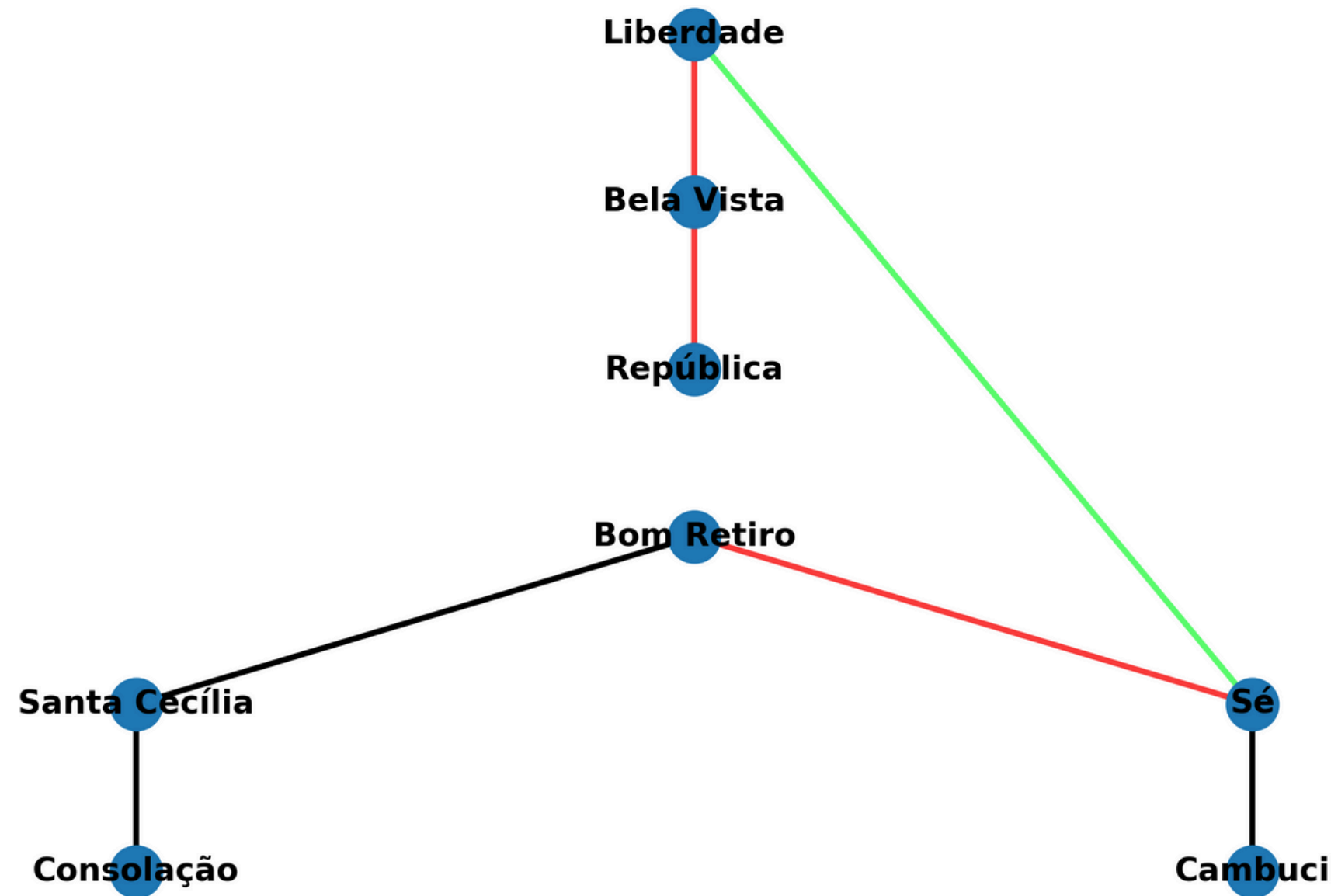
Árvore vizinha 2

# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas



Árvore de profundidade com raiz na Liberdade

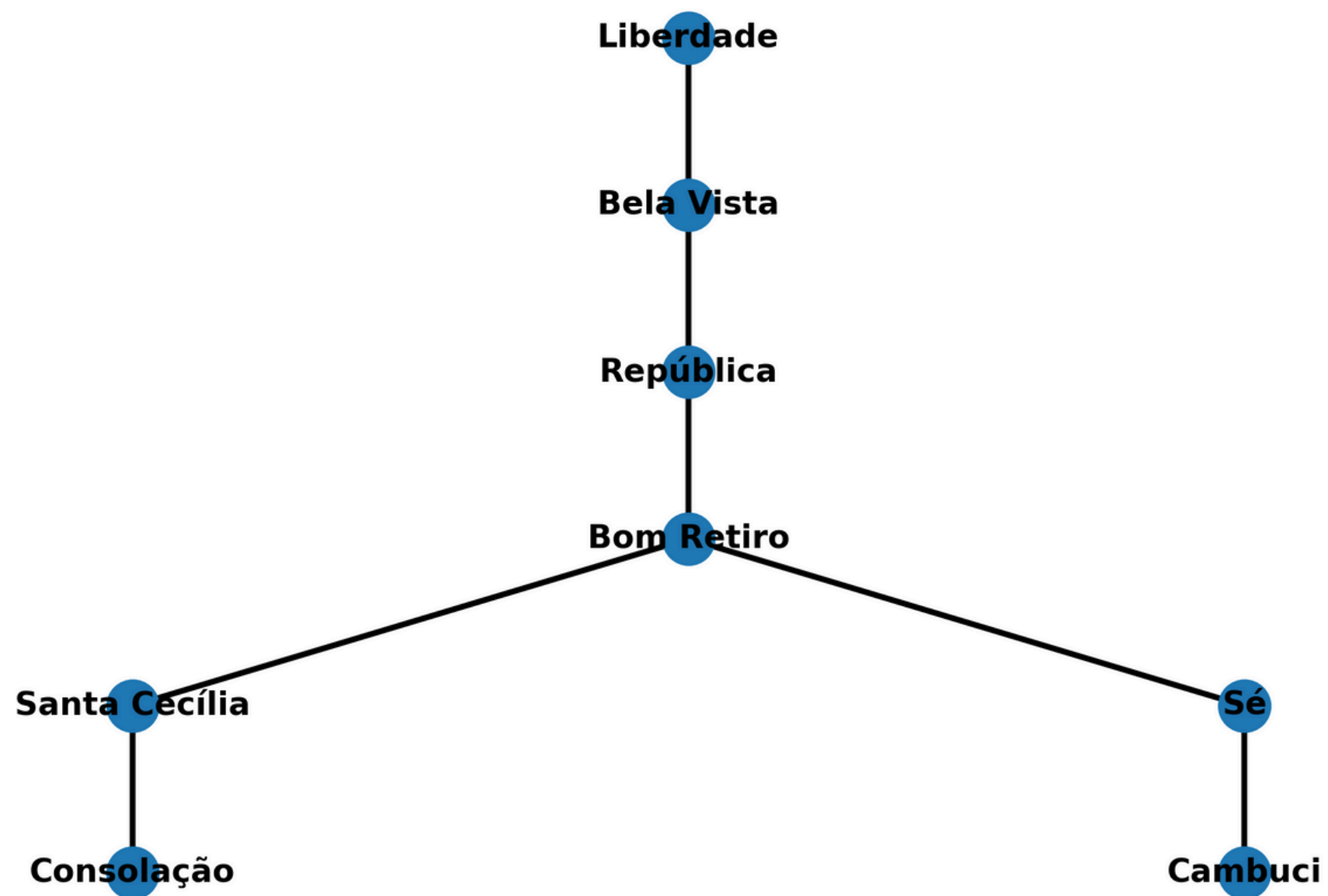


Árvore vizinha 3

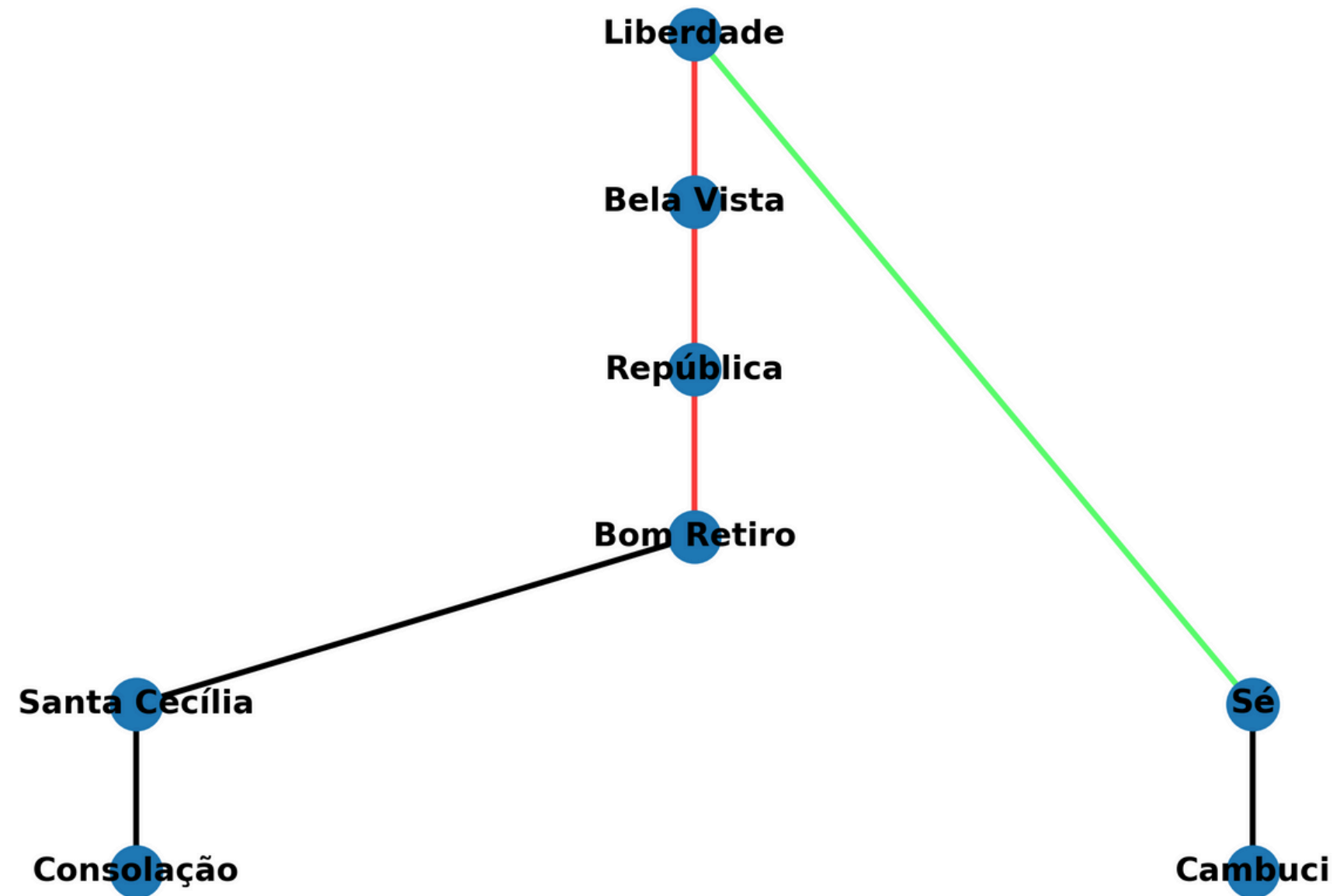


# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas



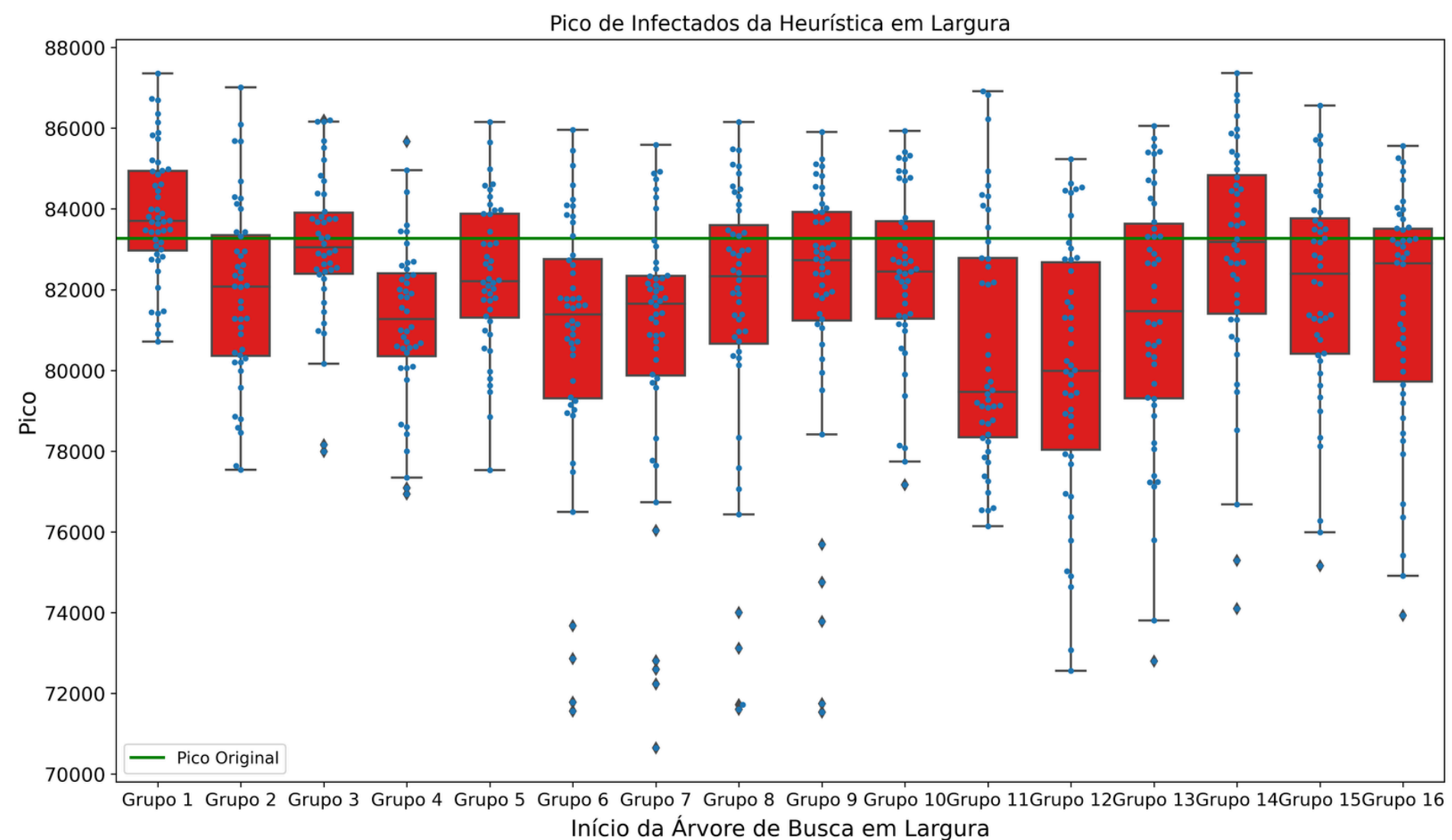
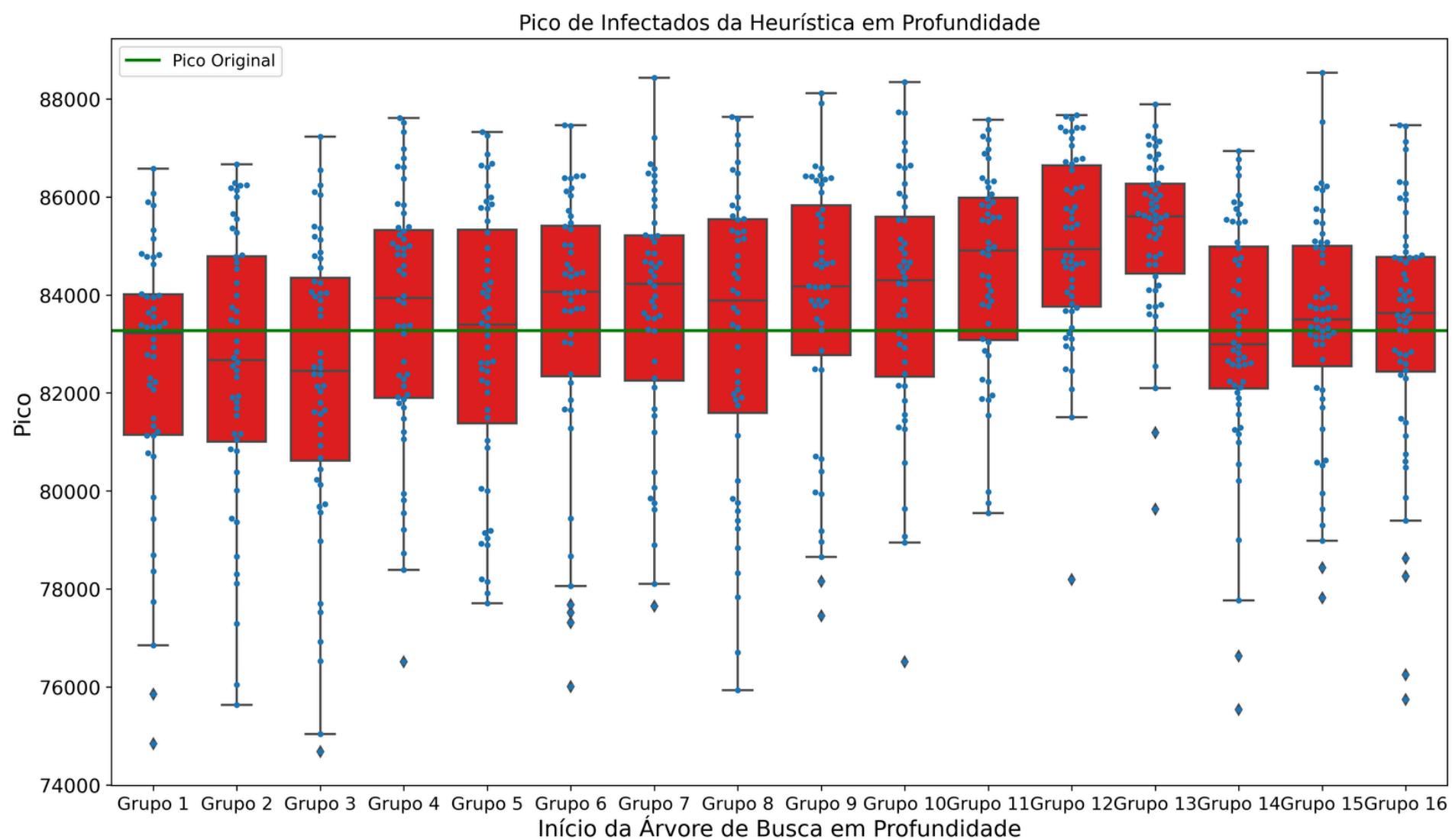
Árvore de profundidade com raiz na Liberdade



Árvore vizinha 4

# Resultados

## Heurística de árvores vizinhas



# Conclusão

- **Restrições topológicas dificultam a movimentação de pessoas e conseqüentemente o espalhamento da doença**
- **Menos pessoas infectadas, maior disponibilidade de atendimento**

# Agradecimentos

- Este trabalho recebeu apoio da FAPESC, PROPESQ/UFSC (2021TR000436)
- Também foi realizado com o apoio do CNPq



# Referências

- Hethcote, H. W. (1989). Three basic epidemiological models. In Applied mathematical ecology (pp. 119-144).
- Linge, S., & Langtangen, H. P. (2020). Programming for computations-Python: A gentle introduction to numerical simulations with Python 3.6.
- Feofiloff, P., Kohayakawa, Y., & Wakabayashi, Y. (2011). Uma introdução sucinta à teoria dos grafos.
- Franco, Á. J. P. (2020). Epidemic model with restricted circulation and social distancing on some network topologies. In International Conference on Cellular Automata for Research and Industry (pp. 261-264).
- Ataide, W. C. (2022). Minimização do contágio em uma topologia com programação matemática.