

Soluções para problemas reais envolvendo otimização:

*Estudo sobre topologias conexas para controle
de doença em um grafo de infecção*

Pedro G. Caninas
(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

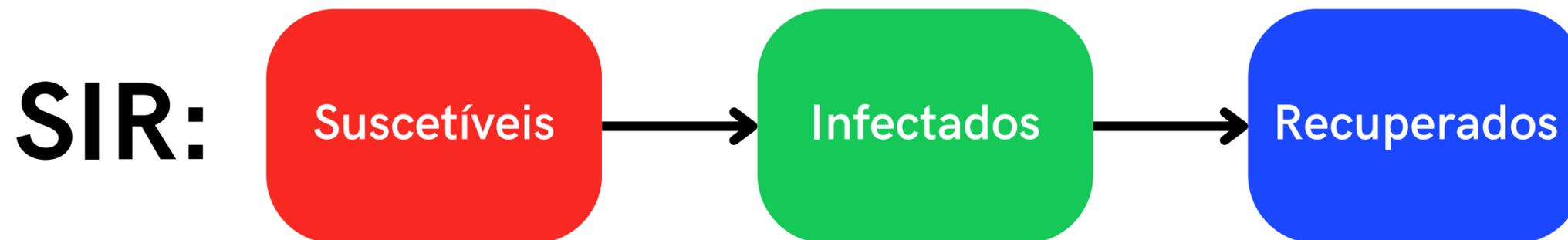
Modelagem Epidemiológica

- **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

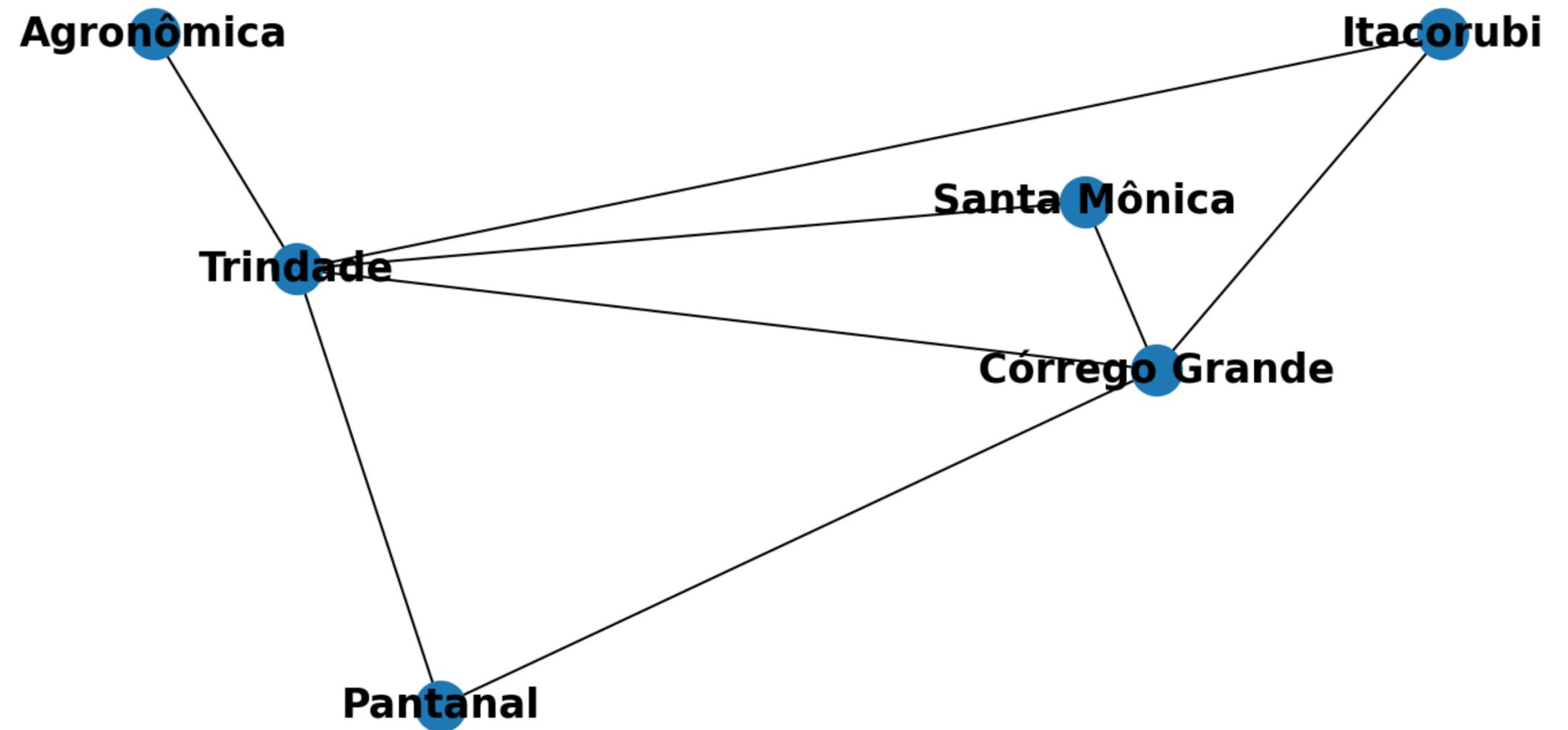
- **SIR aplicado em grafos**
 - Franco, Á. J. P. (2020). Epidemic model with restricted circulation and social distancing on some network topologies. In International Conference on Cellular Automata for Research and Industry (pp. 261-264).

Métodos

Modelagem do mundo real

Grafos

- Vértices
- Arestas



Métodos

Modelo utilizado

Suscetíveis

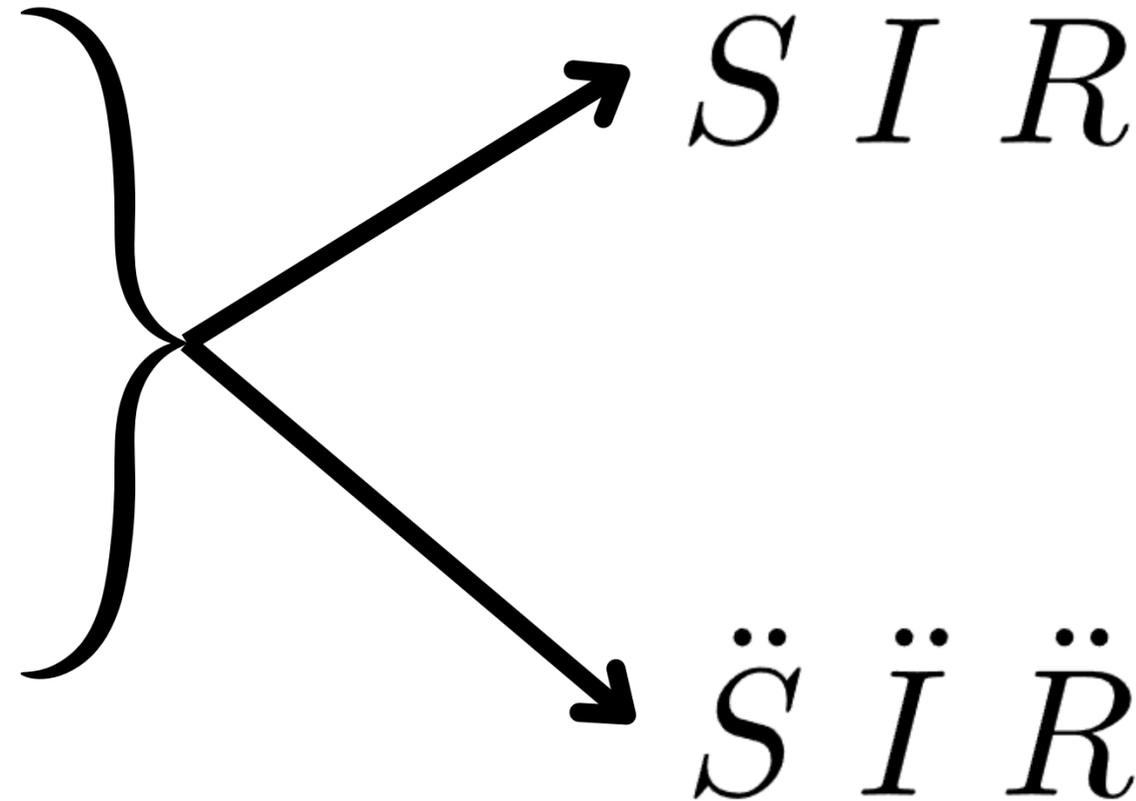
Infectados

Recuperados

Métodos

Modelo utilizado

Suscetíveis
Infectados
Recuperados



Respeitam o
distanciamento
social

Não respeitam o
distanciamento
social

Métodos

Modelo utilizado

As pessoas podem se movimentar dentro do grafo

Métodos

Modelo utilizado

As pessoas podem se movimentar dentro do grafo

\dot{S} \dot{I} \dot{R}

**Respeitam o
distanciamento
social**



**Se movimentam
apenas dentro do
próprio bairro**

Métodos

Modelo utilizado

As pessoas podem se movimentar dentro do grafo

\dot{S} \dot{I} \dot{R}

**Respeitam o
distanciamento
social**



**Se movimentam
apenas dentro do
próprio bairro**

\ddot{S} \ddot{I} \ddot{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

Trindade

Métodos

Modelo utilizado

- Sistema de EDOs discretizadas

Trindade

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

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

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

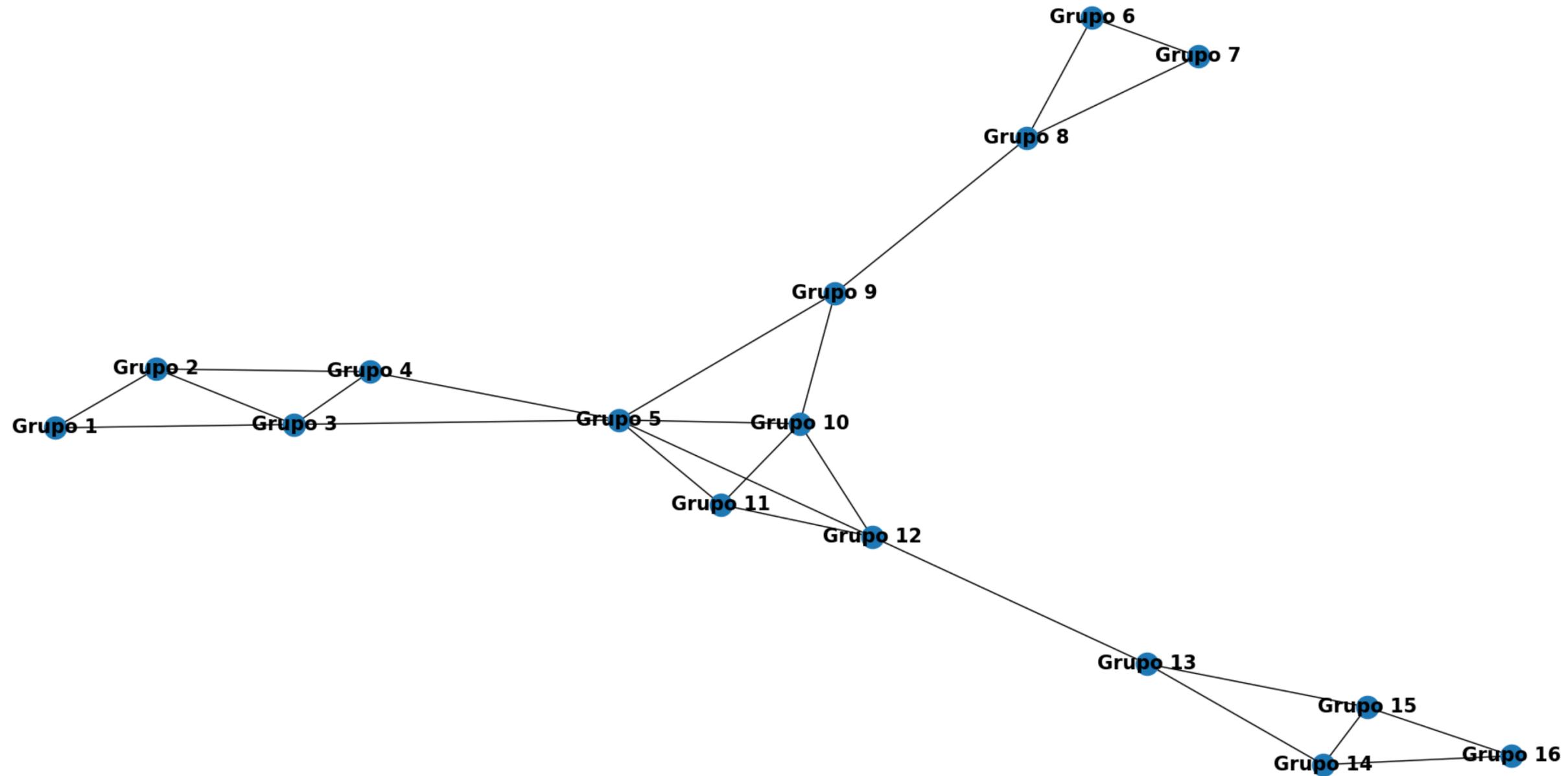
Métodos

Objetivos

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

Métodos

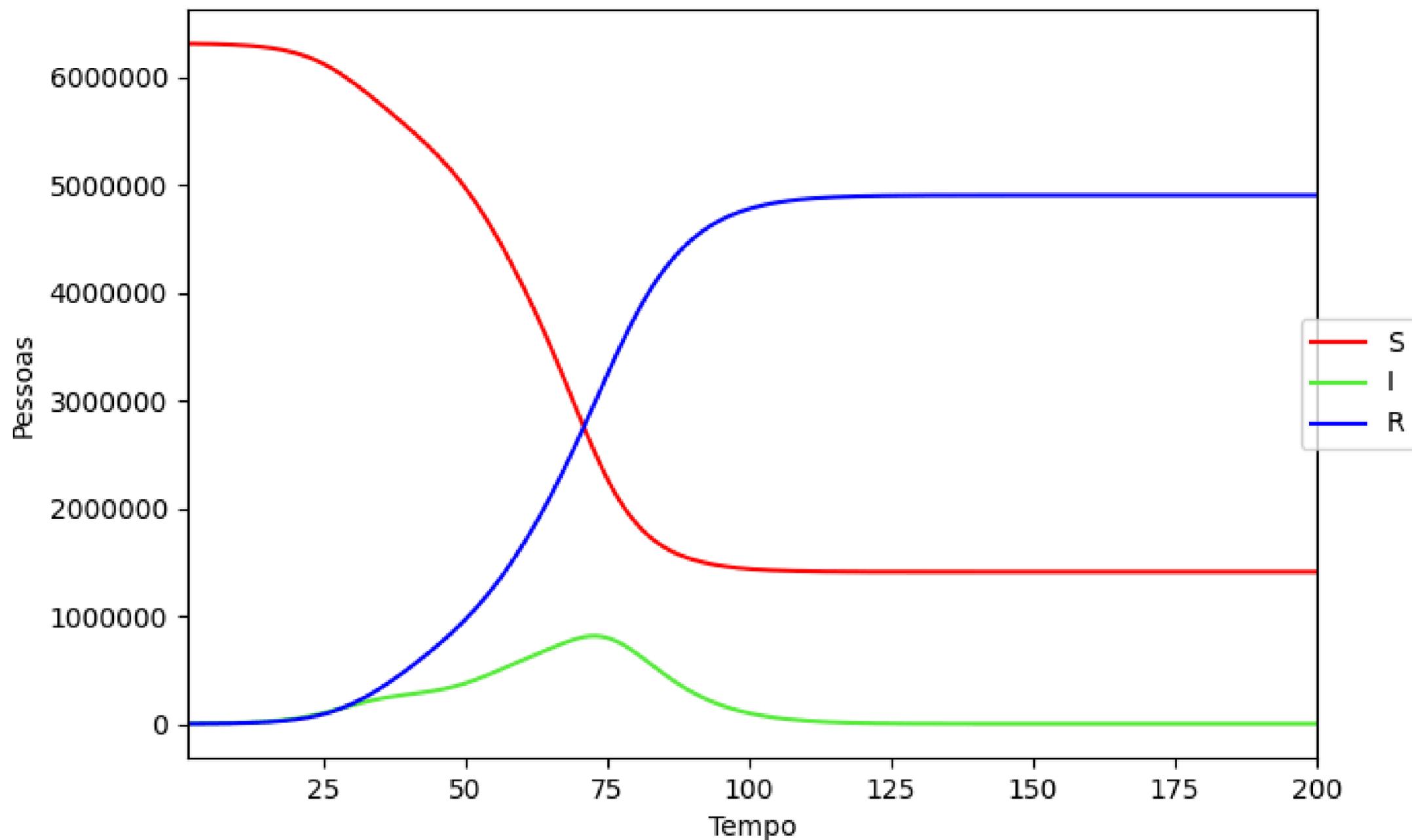
Grafo simplificado de Florianópolis



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

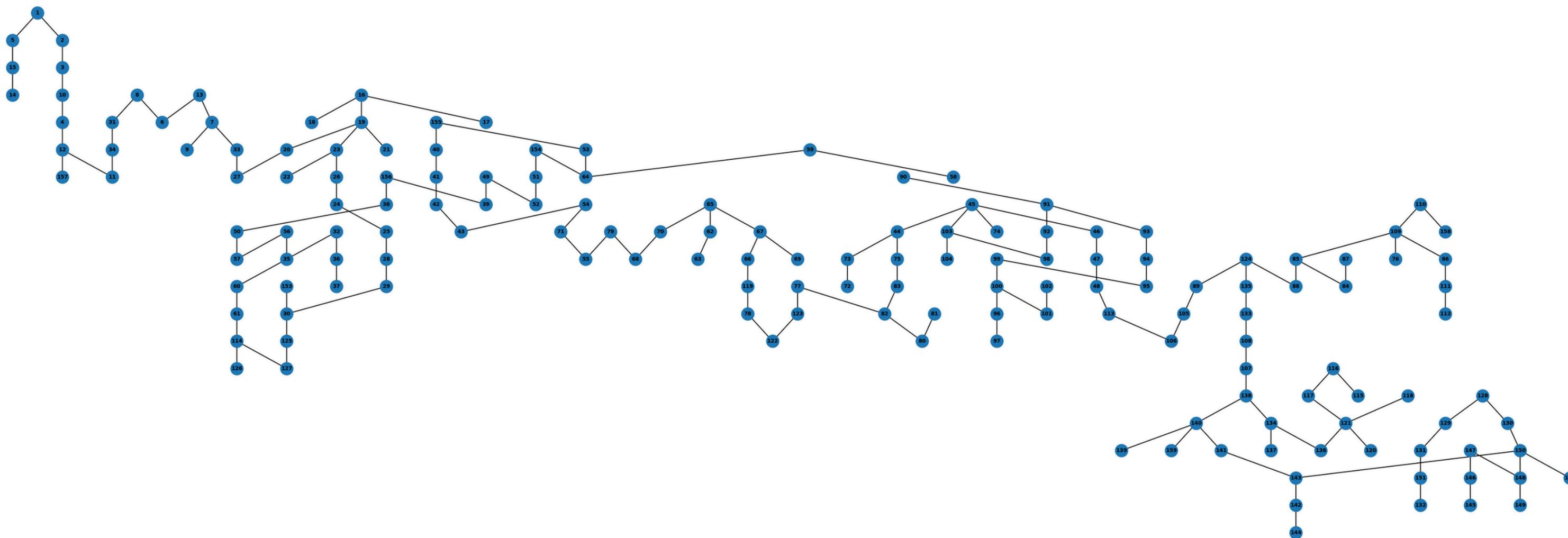
Resultados

Gráfico SIR da simulação no Rio de Janeiro



Resultados

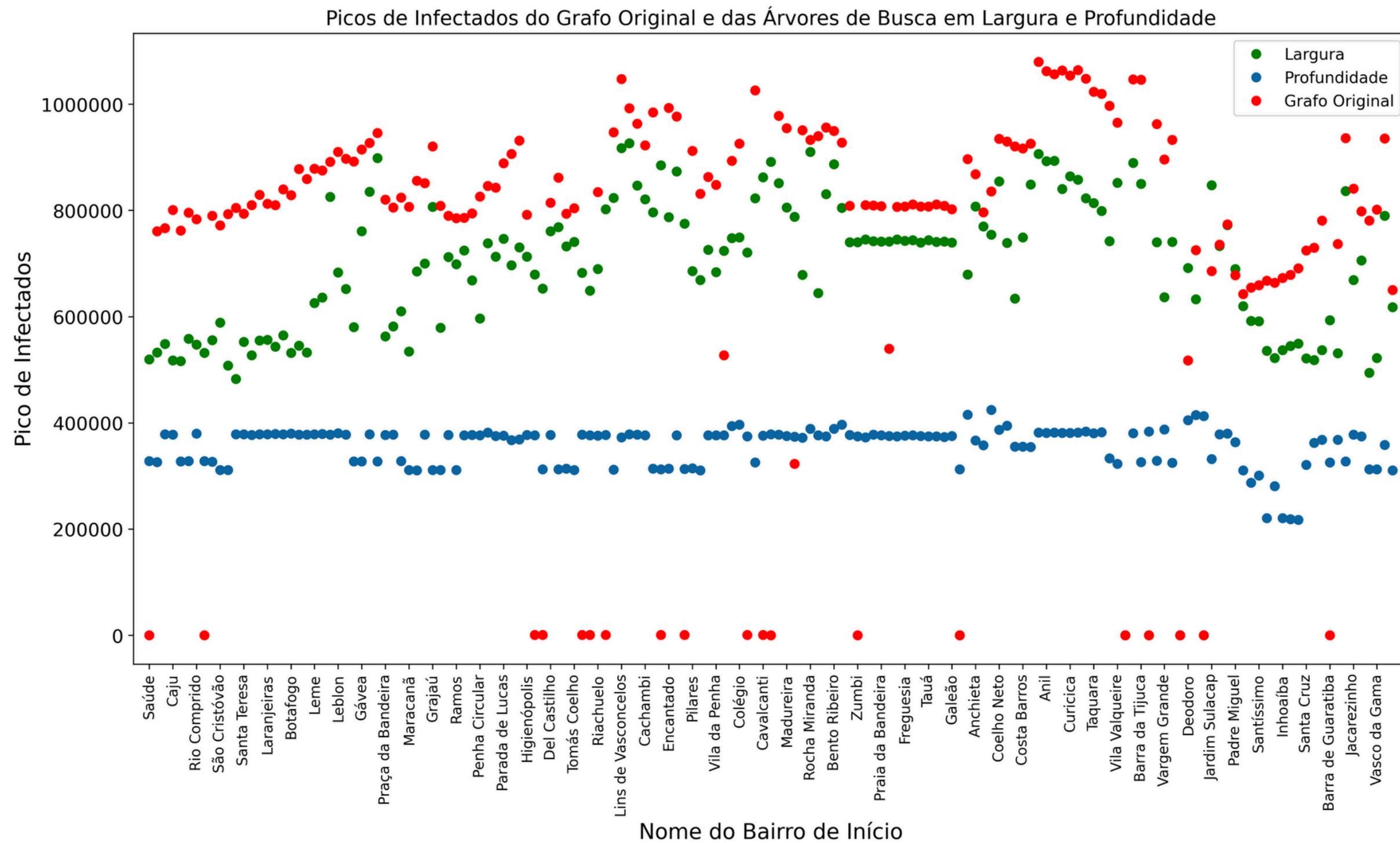
Árvore de busca em profundidade



Raiz - Flamengo, Rio de Janeiro

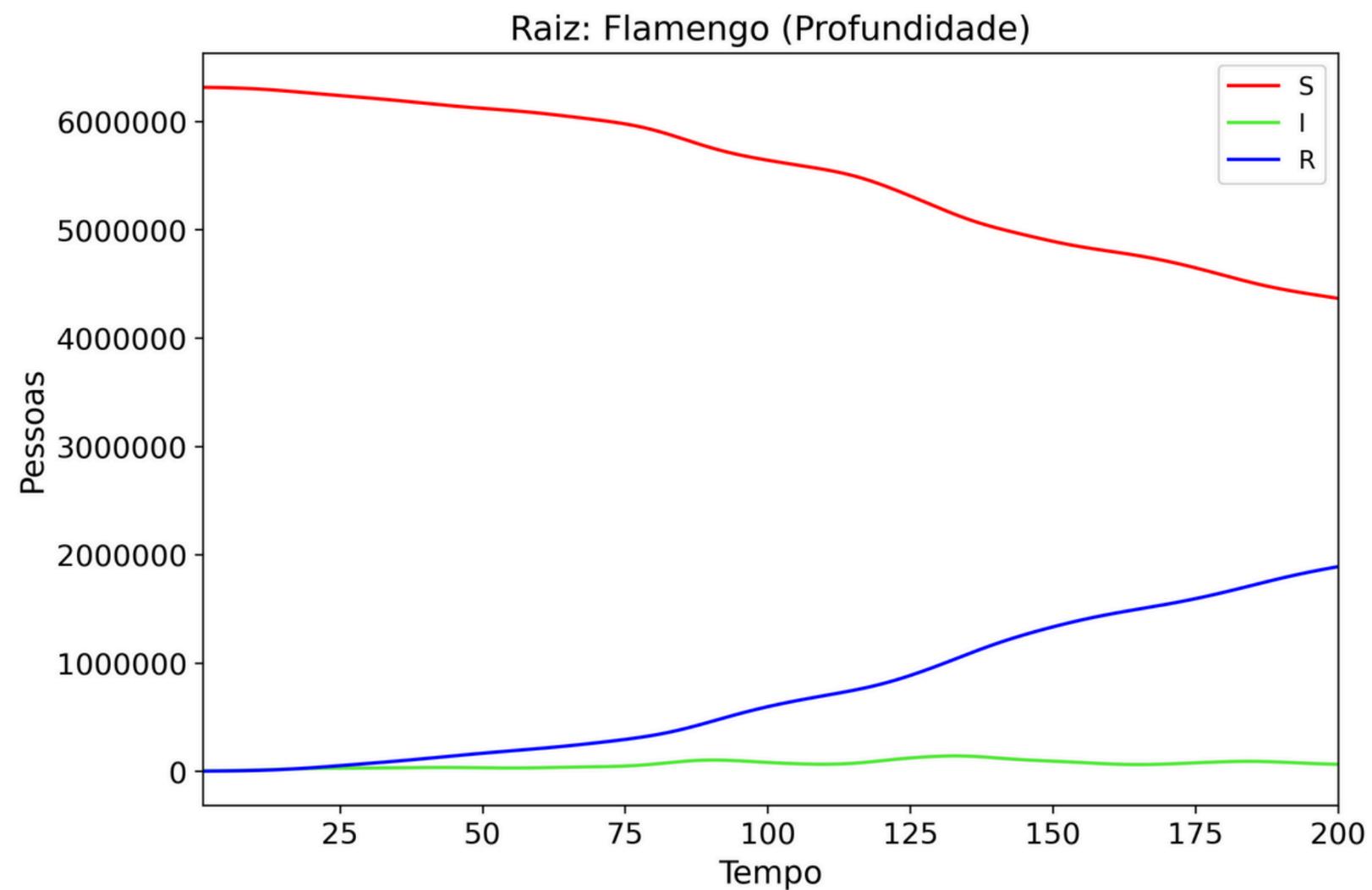
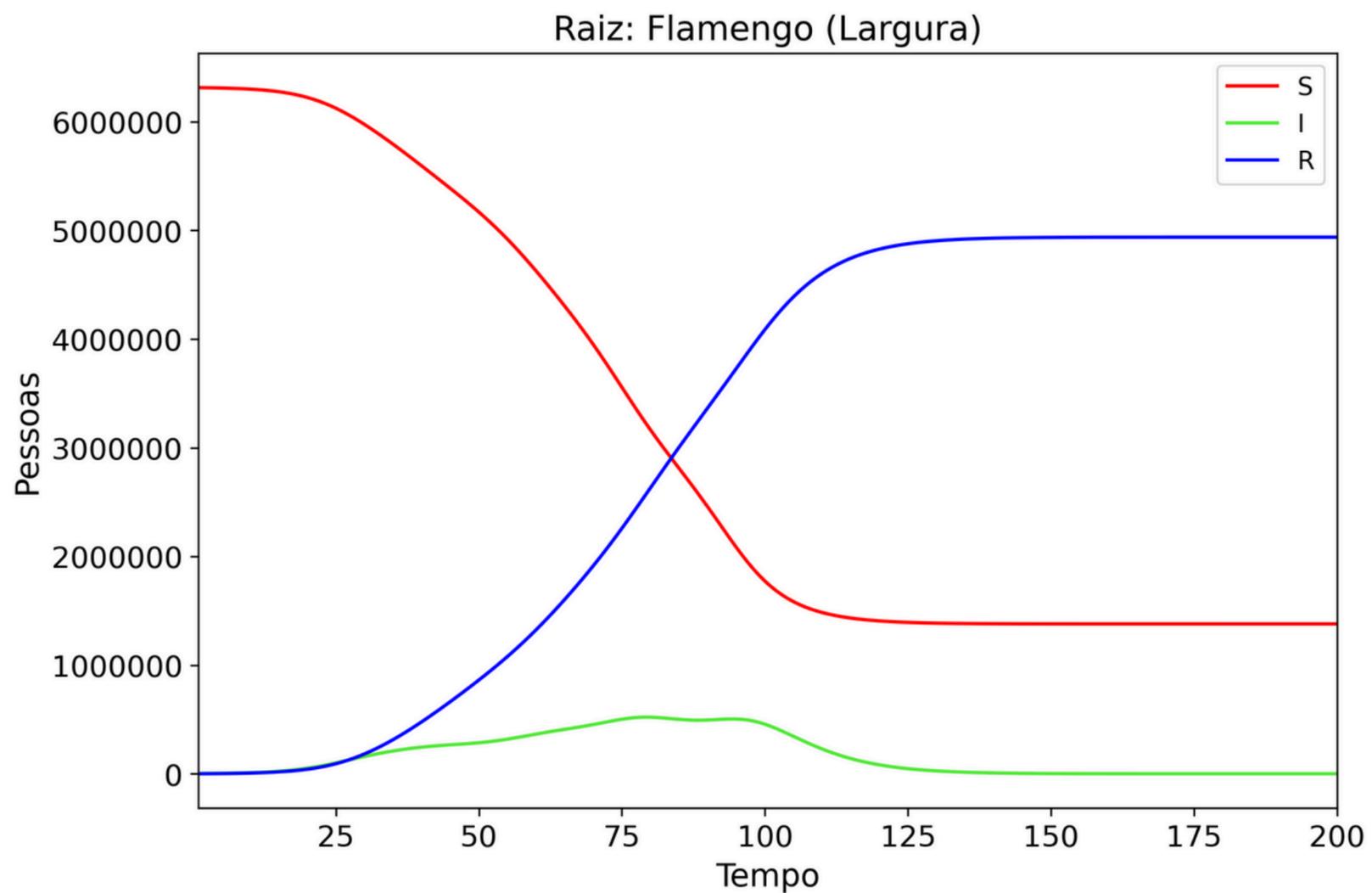
Resultados

Árvores de busca - RJ



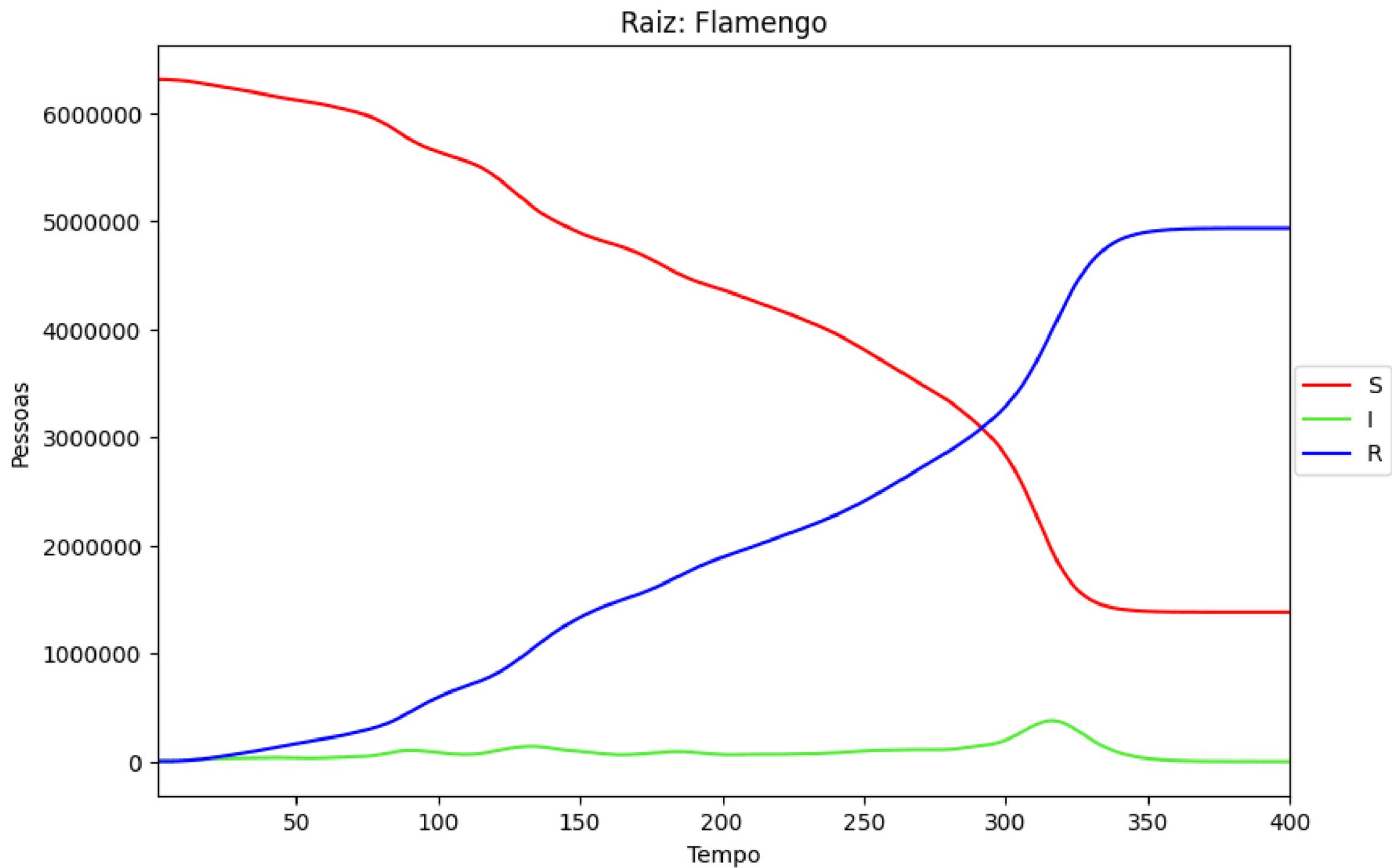
Resultados

Gráficos SIRxT de árvores



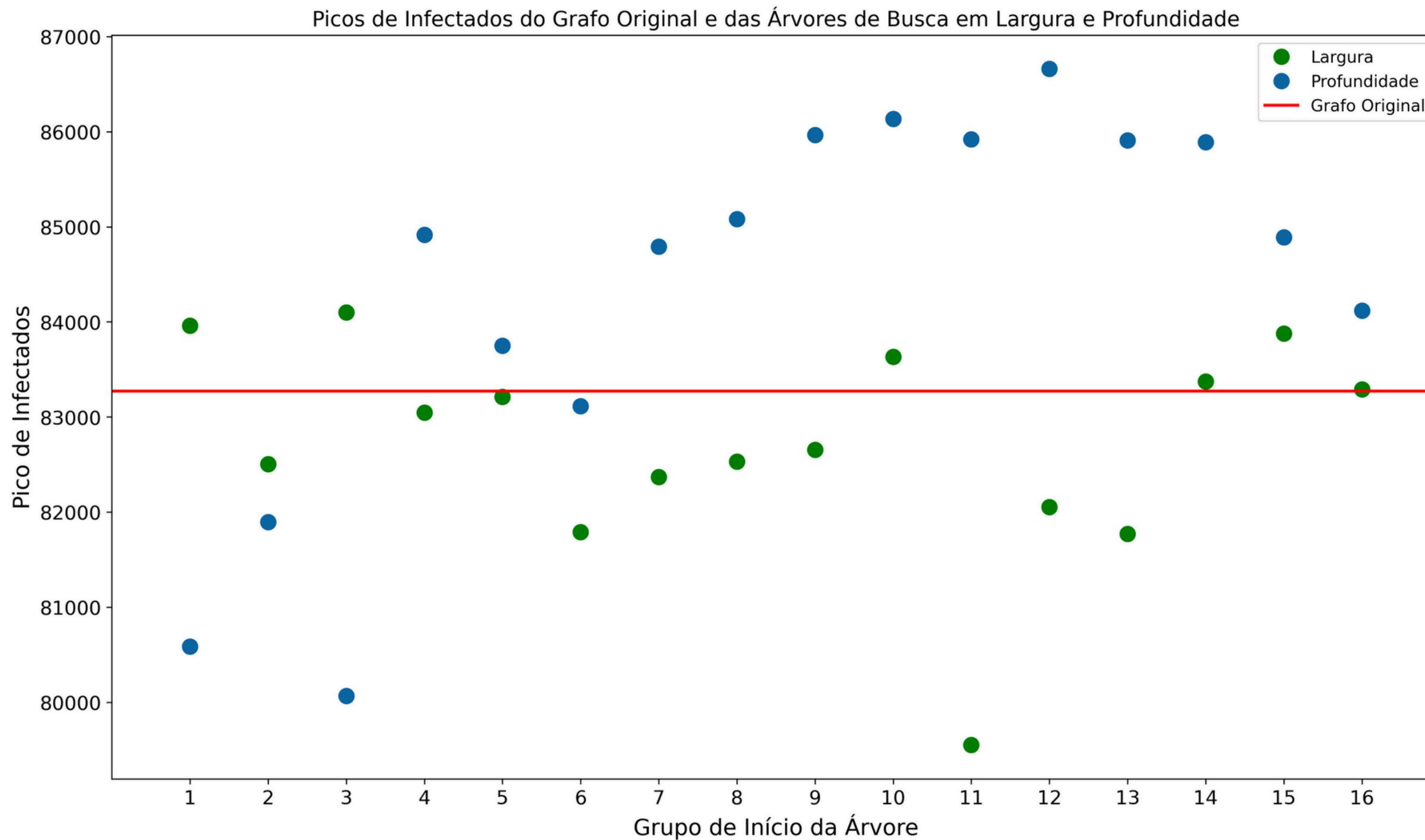
Resultados

Gráficos SIRxT de árvores



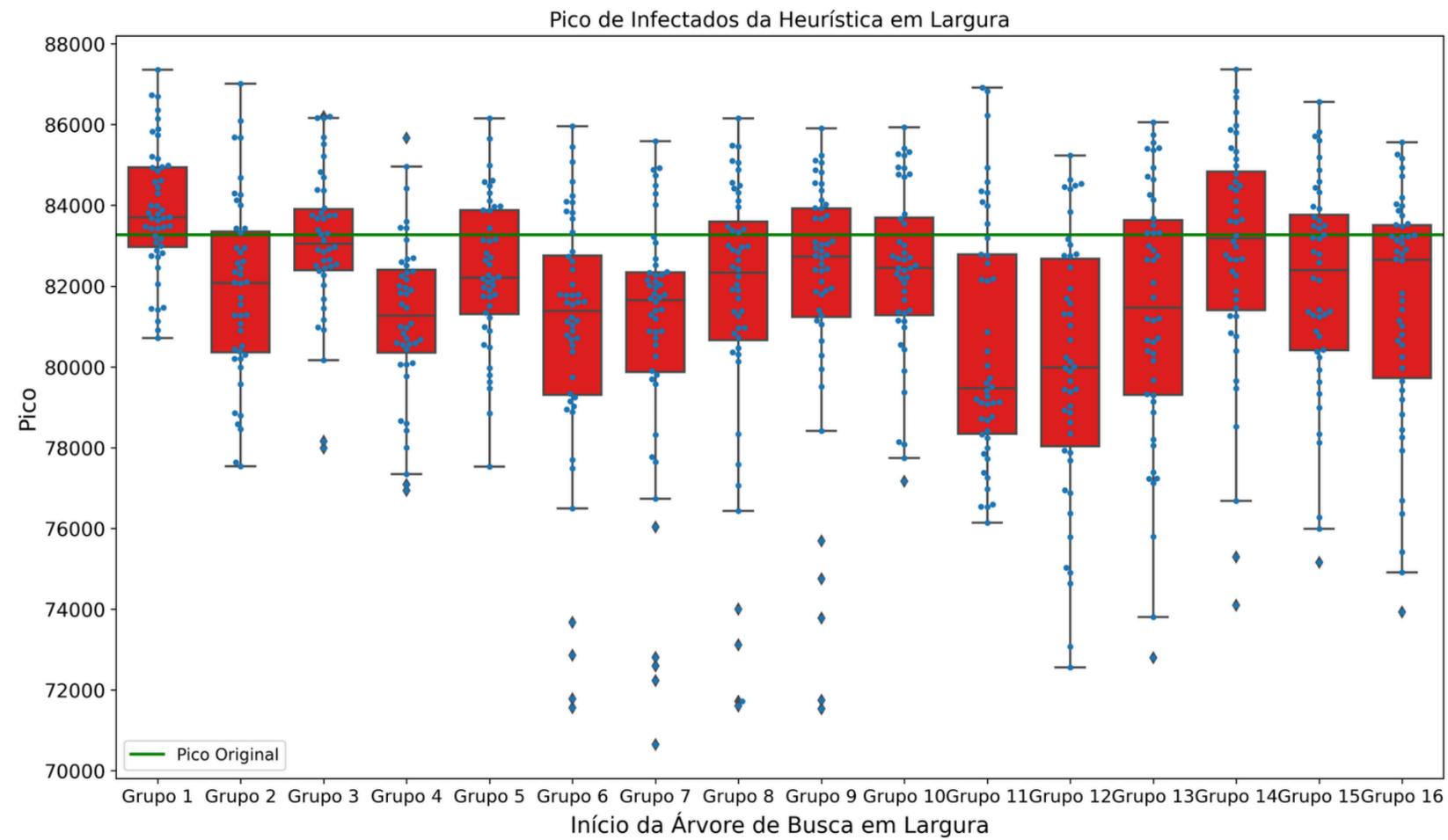
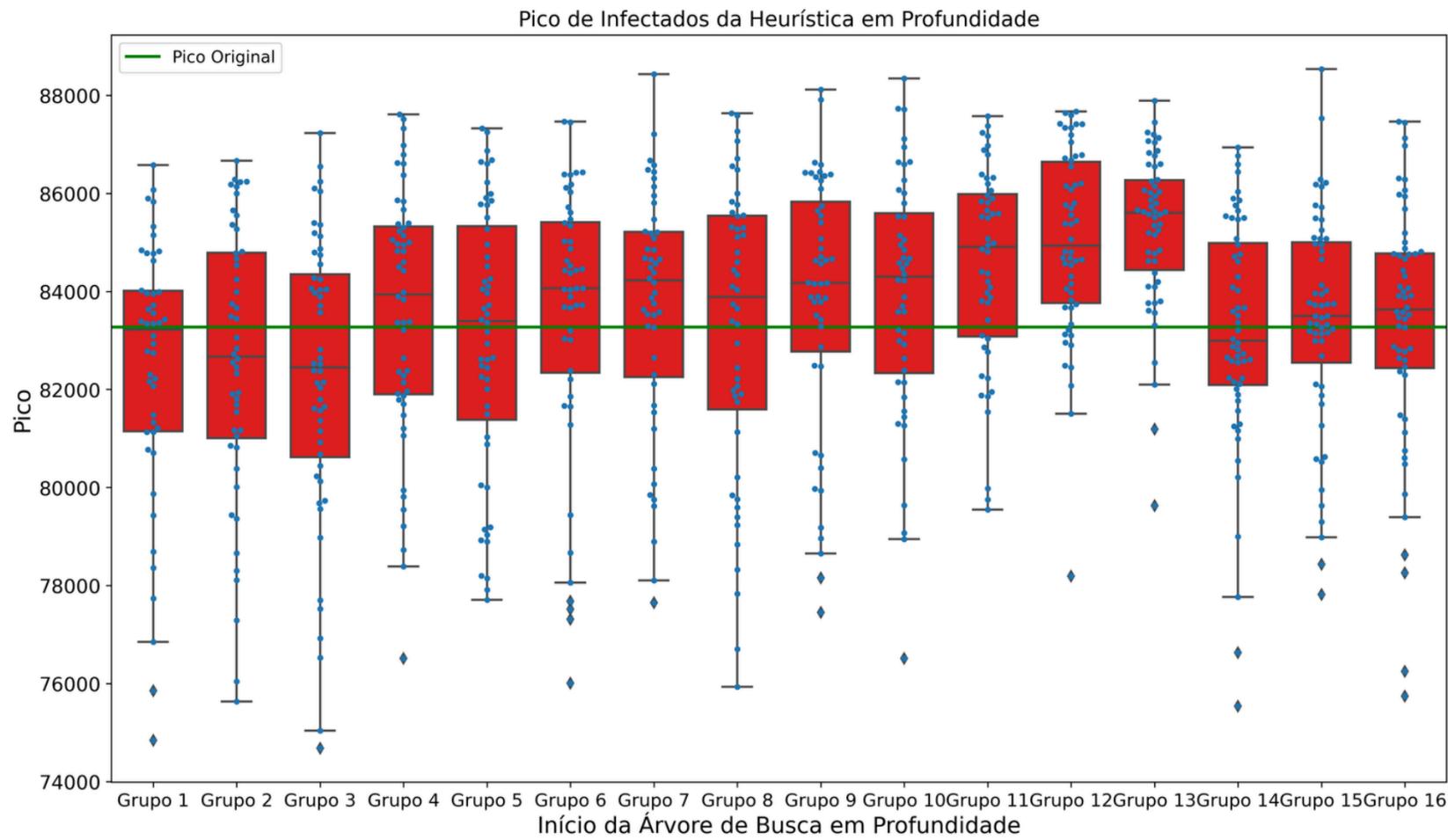
Resultados

Árvores de busca - Florianópolis



Resultados

Heurística de árvores vizinhas



Conclusão

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

Participações e Publicações

- **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO) - 06-09 de Novembro, 2023:**
 - Um estudo sobre árvores geradoras como alternativas conexas para o controle de doença em um grafo de infecção
- **EAMat - 28-29 de agosto, 2023:**
 - Simulação numérica de EDOs em um modelo epidemiológico que utiliza grafos

ΕΑΜατ
Encontro Acadêmico de Matemática

📍 São José dos Campos - SP
 **LV SBPO**

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