

Otimização da malha ferroviária da empresa Pássaro Marron

Carlos Hannas de Carvalho · Carlos Nery Ribeiro · Erik Melges
Gabriel Ribeiro Dessotti · Gustavo Barbosa Sanchez
Pedro Antonio Bruno Grando · Pedro Manicardi Soares



Introdução

O problema de busca e modelos de algoritmo

- **Encontrar um caminho** a partir de um estado inicial até um estado final desejado;
- Modelado como um grafo: **nós representam estados, arestas as transições** possíveis.

Busca cega

- **Não utiliza informações adicionais** sobre o estado objetivo;
- Explora o espaço de busca sistematicamente;
- Exemplos: **largura (BFS) e profundidade (DFS)**.

Busca informada

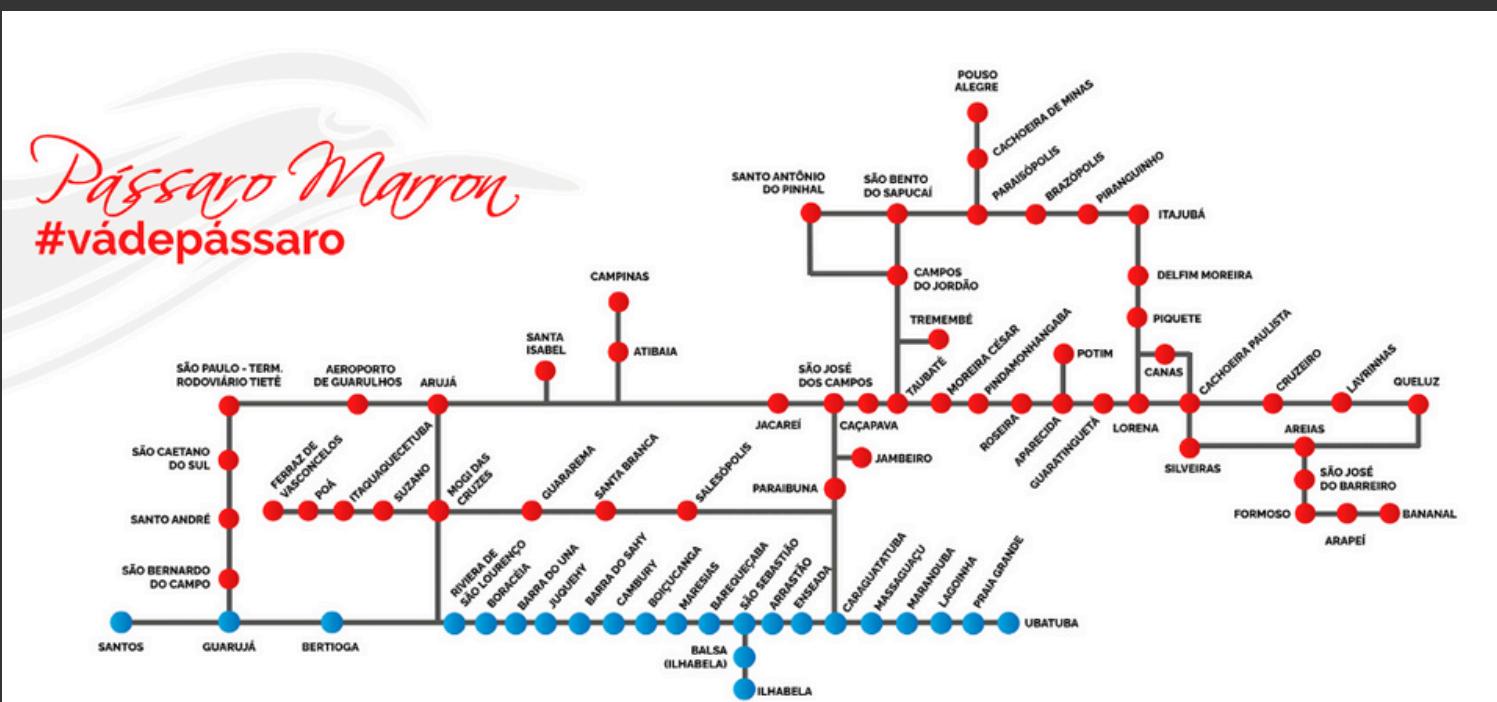
- **Utiliza heurísticas** para estimar o custo do estado atual até o objetivo;
- **Heurísticas admissíveis**, garantindo que nunca superestimem custo real ao objetivo;
- **Exemplo: A*** - função de avaliação combina o **custo do caminho já percorrido** com uma **estimativa heurística** do custo até o objetivo.

Definição do problema

Otimização de rotas de empresa Pássaro Marrom

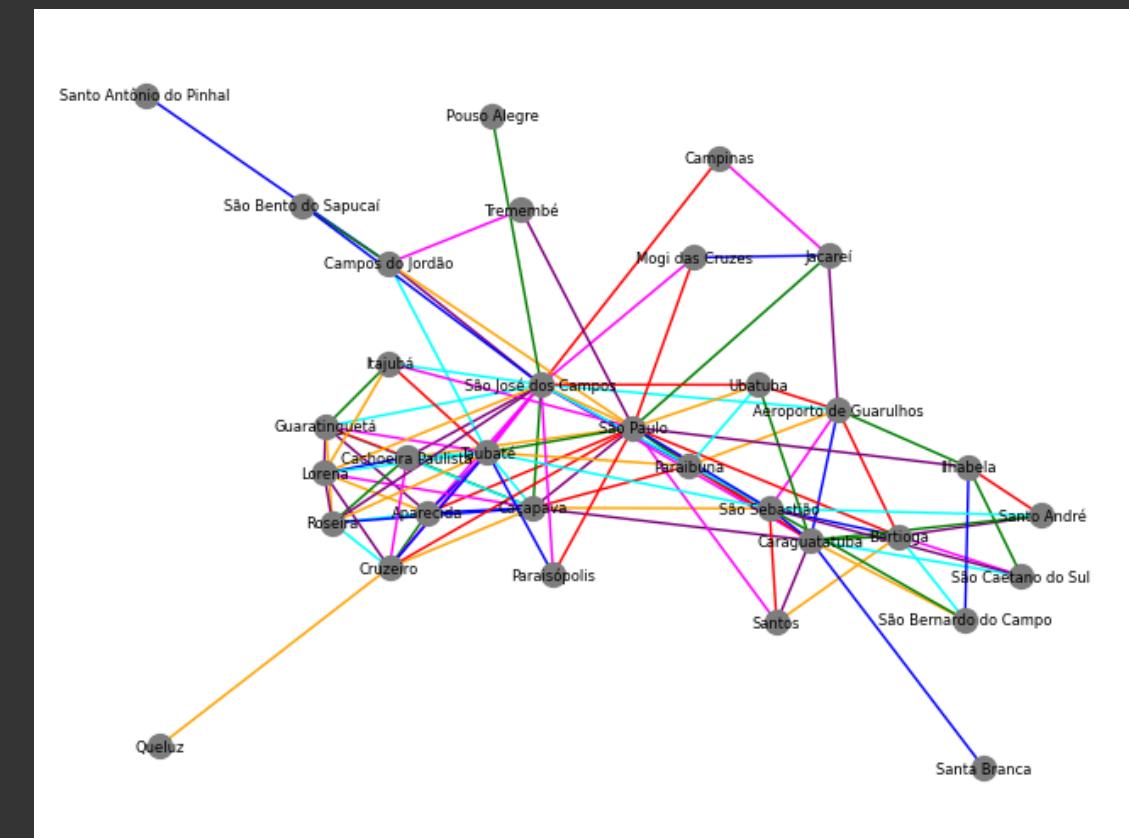
A empresa

- Frota de **415 ônibus**
 - Mais de 50 municípios
 - Estados de **São Paulo e Minas Gerais**



Coleta de dados do estudo

- Mapeamento das cidades **origem/destino**;
 - Consideradas as **33 cidades** mais relevantes;
 - Construção de um **grafo com conexões**, utilizando **networkx**.



Definição do problema

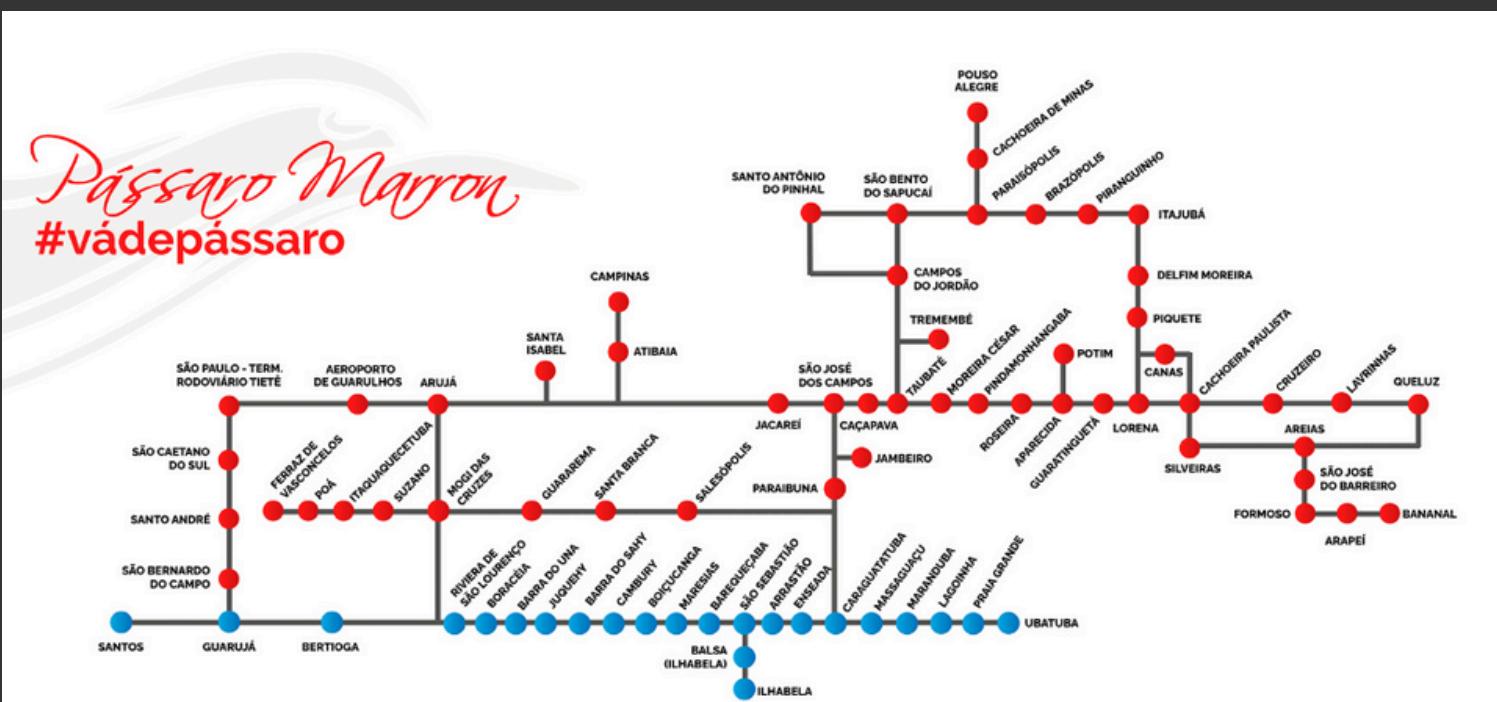


Definição do problema

Otimização de rotas de empresa Pássaro Marrom

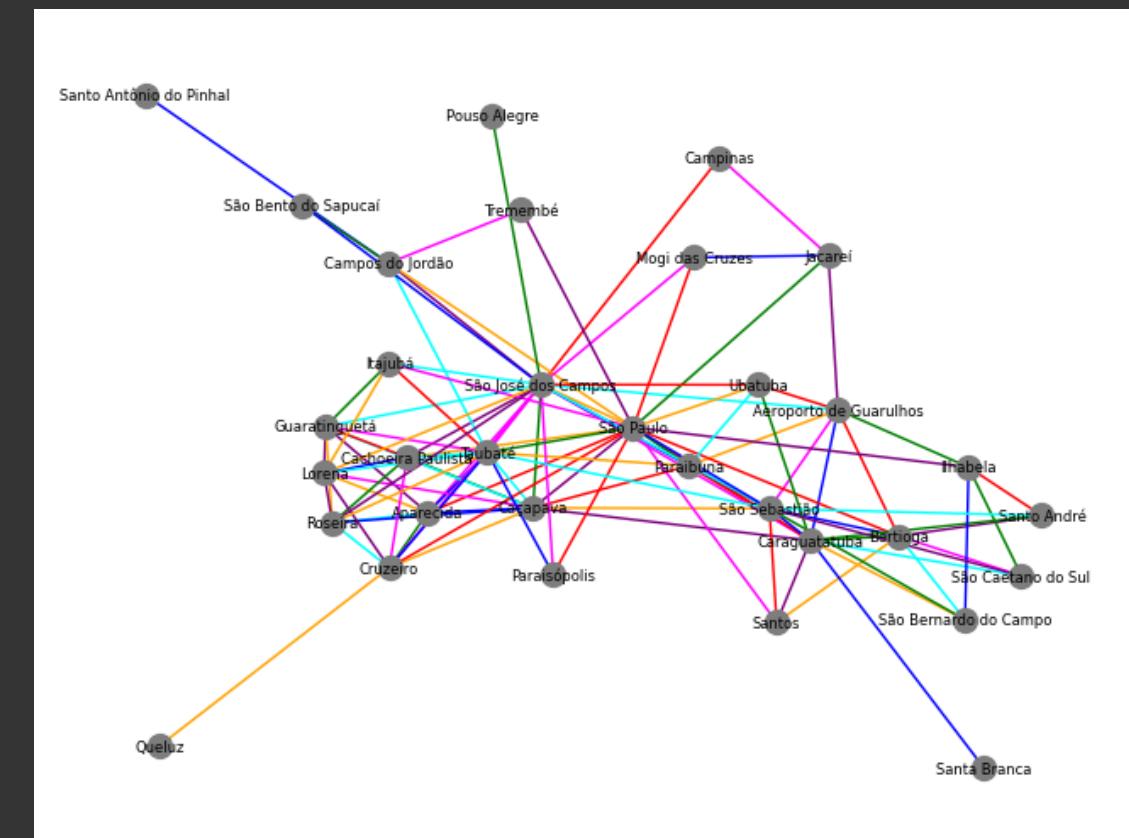
A empresa

- Frota de **415 ônibus**
 - Mais de 50 municípios
 - Estados de **São Paulo e Minas Gerais**



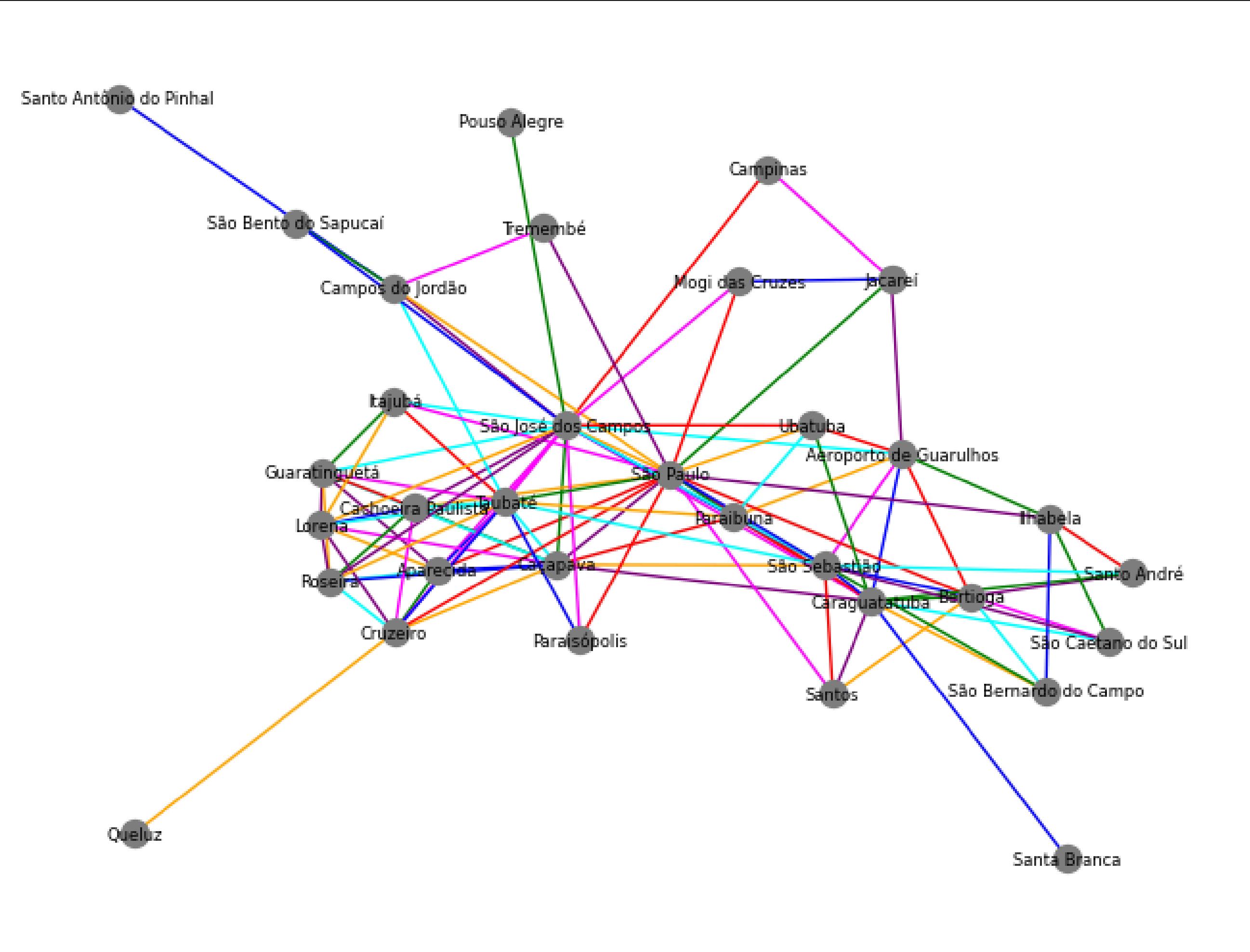
Coleta de dados do estudo

- Mapeamento das cidades **origem/destino**;
 - Consideradas as **33 cidades** mais relevantes;
 - Construção de um **grafo com conexões**, utilizando **networkx**.



Definição Otimização

- Frota de
- Mais de
- Estados



Modelagem do grafo

Seleção tripartida de atributos das arestas

- **Distância** percorrida
- **Tempo** de viagem
- **Custo** de combustível
 - Consumo energético médio: 0,511 L/km
 - Preço médio Diesel: 5,98 reais/L

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
GRU - Bertioga	99	155	306,90
GRU - Caraguatatuba	161	140	309,10
GRU - Ilhabela	189	200	585,90
GRU - Jacareí	68	70	210,80
GRU - Paracuru	110	90	341,00
GRU - S.J. dos Campos	76	70	235,60
GRU - São Sebastião	184	205	570,40
GRU - Ubatuba	212	280	657,20
Aparecida - Caçapava	60	60	186,00
Aparecida - Cruzeiro	47	95	145,70
Aparecida - Guaratinguetá	7	15	21,70
Aparecida - Lorena	20	30	62,00
Aparecida - S.J. dos Campos	85	85	263,50
Aparecida - São Paulo	172	180	533,20
Aparecida - Taubaté	44	35	136,40
Bertioga - Caraguatatuba	112	205	347,20
Bertioga - Santo André	99	140	306,90
Bertioga - Santos	77	100	238,70
Bertioga - S. B. do Campo	96	110	297,60
Bertioga - S. C. do Sul	107	170	331,70
Bertioga - São Paulo	116	165	359,60
Bertioga - São Sebastião	87	155	269,70
Caçapava - C. Paulista	92	145	285,20
Caçapava - Caraguatatuba	101	170	313,10
Caçapava - Cruzeiro	105	175	325,50
Caçapava - Guaratinguetá	66	85	204,60
Caçapava - Lorena	79	115	244,90
Caçapava - Paracuru	50	90	155,00
Caçapava - Roseira	50	55	155,00
Caçapava - S. J. dos Campos	27	25	83,70
Caçapava - São Paulo	120	130	372,00
Caçapava - São Sebastião	123	230	381,30
Caçapava - Taubaté	21	30	65,10
C. Paulista - Cruzeiro	18	30	55,80
C. Paulista - Guaratinguetá	28	55	86,80
C. Paulista - Lorena	18	30	55,80
C. Paulista - Roseira	44	95	136,40
C. Paulista - S. J. dos Campos	117	130	362,70
C. Paulista - São Paulo	213	245	660,30
C. Paulista - Taubaté	75	70	232,50
Campinas - Jacareí	141	150	437,10
Campinas - S. J. dos Campos	150	180	465,00
C. do Jordão - S. A. do Pinhal	20	50	62,00
C. do Jordão - S. B. do Sapucaí	33	90	102,30
C. do Jordão - S. J. dos Campos	85	120	263,50
C. do Jordão - São Paulo	181	225	561,10
C. do Jordão - Taubaté	45	90	139,50
C. do Jordão - Tremembé	38	50	117,80
Caraguatatuba - Parque Uni	60	60	186,00
Caraguatatuba - Santa Branca	106	110	328,60
Caraguatatuba - Santo André	194	350	601,40
Caraguatatuba - Santes	248	315	768,80
Caraguatatuba - S. B. do Campo	201	320	623,10
Caraguatatuba - S. C. do Sul	186	380	576,60
Caraguatatuba - S. J. dos Campos	92	110	285,20
Caraguatatuba - São Paulo	180	160	558,00
Caraguatatuba - São Sebastião	26	60	80,60
Caraguatatuba - Ubatuba	52	90	161,20
Cruzeiro - Lorena	32	55	99,20
Cruzeiro - Queluz	25	35	77,50
Cruzeiro - Roseira	58	125	179,80
Cruzeiro - S. J. dos Campos	131	160	406,10
Cruzeiro - São Paulo	227	275	703,70
Cruzeiro - Taubaté	89	100	275,90
Guaratinguetá - Itajubá	86	155	266,60
Guaratinguetá - Lorena	12	30	37,20
Guaratinguetá - Roseira	18	25	55,80
Guaratinguetá - S. J. dos Campos	91	100	282,10
Guaratinguetá - Taubaté	50	50	155,00
Ilhabela - Santo André	223	290	691,30
Ilhabela - S. B. do Campo	231	260	716,10
Ilhabela - S. C. do Sul	215	320	666,50
Ilhabela - São Paulo	210	270	651,00
Itajubá - Lorena	71	120	220,10
Itajubá - S. J. dos Campos	174	230	539,40
Itajubá - São Paulo	261	325	809,10
Hatujá - Taubaté	132	170	409,20
Jacareí - Mogi das Cruzes	54	75	167,40
Jacareí - São Paulo	85	100	263,50
Lorena - Roseira	31	55	96,10
Lorena - S. J. dos Campos	104	130	322,40
Lorena - Taubaté	62	80	192,20
Mogi das Cruzes - S. J. dos Campos	63	105	195,30
Mogi das Cruzes - São Paulo	61	80	189,10
Paracuru - S. J. dos Campos	35	50	108,50
Paracuru - São Paulo	123	150	381,30
Paranápolis - São Sebastião	74	120	229,40
Paranápolis - Taubaté	67	100	207,70
Paranápolis - Ubatuba	105	160	325,50
Paranápolis - S. J. dos Campos	100	150	310,00
Paranápolis - São Paulo	217	245	672,20
Paranápolis - Taubaté	81	90	251,10
Pousos Alegre - S. J. dos Campos	236	230	731,60
Roseira - S. J. dos Campos	73	75	226,30
Roseira - Taubaté	32	25	99,20
Santo André - São Sebastião	213	315	660,30
Santos - São Paulo	72	100	223,20
Santos - São Sebastião	160	265	496,00
S. B. do Sapucaí - S. J. dos Campos	83	120	257,30
S. B. do Campo - São Sebastião	216	280	669,60
S. C. do Sul - São Sebastião	217	350	672,70
S. J. dos Campos - São Paulo	97	90	300,70
S. J. dos Campos - São Sebastião	109	160	337,90
S. J. dos Campos - Taubaté	43	60	133,30
S. J. dos Campos - Ubatuba	134	190	415,40
São Paulo - São Sebastião	198	250	613,80
São Paulo - Taubaté	133	150	412,30
São Paulo - Tremembé	157	210	486,70
São Paulo - Ubatuba	226	300	700,60
São Sebastião - Taubaté	147	230	455,70

Modelagem

Seleção tripartida

- Distância
- Tempo de viagem
- Custo de combustível
 - Consumo
 - Preço do litro

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
GRU - Bertioga	99	155	306,90
GRU - Caraguatatuba	161	140	499,10
GRU - Ilhabela	189	200	585,90
GRU - Jacareí	68	70	210,80
GRU - Paraibuna	110	90	341,00
GRU - S.J. dos Campos	76	70	235,60
GRU - São Sebastião	184	205	570,40
GRU - Ubatuba	212	280	657,20
Aparecida - Caçapava	60	60	186,00
Aparecida - Cruzeiro	47	95	145,70
Aparecida - Guaratinguetá	7	15	21,70
Aparecida - Lorena	20	30	62,00
Aparecida - Roseira	12	15	37,20
Aparecida - S.J. dos Campos	85	85	263,50
Aparecida - São Paulo	172	180	533,20
Aparecida - Taubaté	44	35	136,40
Bertioga - Caraguatatuba	112	205	347,20
Bertioga - Santo André	99	140	306,90
Bertioga - Santos	77	100	238,70
Bertioga - S. B. do Campo	96	110	297,60
Bertioga - S. C. do Sul	107	170	331,70
Bertioga - São Paulo	116	165	359,60
Bertioga - São Sebastião	87	155	269,70
Caçapava - C. Paulista	92	145	285,20
Caçapava - Caraguatatuba	101	170	313,10
Caçapava - Cruzeiro	105	175	325,50
Caçapava - Guaratinguetá	66	85	204,60
Caçapava - Lorena	79	115	244,90
Caçapava - Paraibuna	50	90	155,00
Caçapava - Roseira	50	55	155,00
Caçapava - S. J. dos Campos	27	25	83,70
Caçapava - São Paulo	120	130	372,00
Caçapava - São Sebastião	123	230	381,30
Caçapava - Taubaté	21	30	65,10
C. Paulista - Cruzeiro	18	30	55,80

Modelagem

Seleção tripartida

- Distância
- Tempo de viagem
- Custo de combustível
 - Consumo
 - Preço

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
C. Paulista - Guaratinguetá	28	55	86,80
C. Paulista - Lorena	18	30	55,80
C. Paulista - Roseira	44	95	136,40
C. Paulista - S. J. dos Campos	117	130	362,70
C. Paulista - São Paulo	213	245	660,30
C. Paulista - Taubaté	75	70	232,50
Campinas - Jacareí	141	150	437,10
Campinas - S. J. dos Campos	150	180	465,00
C. do Jordão - S. A. do Pinhal	20	50	62,00
C. do Jordão - S. B. do Sapucaí	33	90	102,30
C. do Jordão - S. J. dos Campos	85	120	263,50
C. do Jordão - São Paulo	181	225	561,10
C. do Jordão - Taubaté	45	90	139,50
C. do Jordão - Tremembé	38	50	117,80
Caraguatatuba - Paraibuna	60	60	186,00
Caraguatatuba - Santa Branca	106	110	328,60
Caraguatatuba - Santo André	194	350	601,40
Caraguatatuba - Santos	248	315	768,80
Caraguatatuba - S. B. do Campo	201	320	623,10
Caraguatatuba - S. C. do Sul	186	380	576,60
Caraguatatuba - S. J. dos Campos	92	110	285,20
Caraguatatuba - São Paulo	180	160	558,00
Caraguatatuba - São Sebastião	26	60	80,60
Caraguatatuba - Ubatuba	52	90	161,20
Cruzeiro - Lorena	32	55	99,20
Cruzeiro - Queluz	25	35	77,50
Cruzeiro - Roseira	58	125	179,80
Cruzeiro - S. J. dos Campos	131	160	406,10
Cruzeiro - São Paulo	227	275	703,70
Cruzeiro - Taubaté	89	100	275,90
S. J. dos Campos - São Paulo	97	90	300,70
S. J. dos Campos - São Sebastião	109	160	337,90
S. J. dos Campos - Taubaté	43	60	133,30
S. J. dos Campos - Ubatuba	134	190	415,40
São Paulo - São Sebastião	198	250	613,80
São Paulo - Taubaté	133	150	412,30
São Paulo - Tremembé	157	210	486,70
São Paulo - Ubatuba	226	300	700,60
São Sebastião - Taubaté	147	230	455,70

Modelagem de grafo

Seleção tripartida

- Distância percorrida
- Tempo de viagem
- Custo de combustível
 - Consumo médio
 - Preço do litro

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
GRU - Bertioga	99	155	306,90
GRU - Caraguatatuba	161	140	499,10
GRU - Ilhabela	189	200	585,90
GRU - Jacareí	68	70	210,80
GRU - Paraibuna	110	90	341,00
GRU - S. J. dos Campos	76	70	235,60
Guaratinguetá - Itajubá	86	155	266,60
Guaratinguetá - Lorena	12	30	37,20
Guaratinguetá - Roseira	18	25	55,80
Guaratinguetá - S. J. dos Campos	91	100	282,10
Guaratinguetá - Taubaté	50	50	155,00
Ilhabela - Santo André	223	290	691,30
Ilhabela - S. B. do Campo	231	260	716,10
Ilhabela - S. C. do Sul	215	320	666,50
Ilhabela - São Paulo	210	270	651,00
Itajubá - Lorena	71	120	220,10
Itajubá - S. J. dos Campos	174	230	539,40
Itajubá - São Paulo	261	325	809,10
Itajubá - Taubaté	132	170	409,20
Jacareí - Mogi das Cruzes	54	75	167,40
Jacareí - São Paulo	85	100	263,50
Lorena - Roseira	31	55	96,10
Lorena - S. J. dos Campos	104	130	322,40
Lorena - Taubaté	62	80	192,20
Mogi das Cruzes - S. J. dos Campos	63	105	195,30
Mogi das Cruzes - São Paulo	61	80	189,10
Paraibuna - S. J. dos Campos	35	50	108,50
Paraibuna - São Paulo	123	150	381,30
Paraibuna - São Sebastião	74	120	229,40
Paraibuna - Taubaté	67	100	207,70
Paraibuna - Ubatuba	105	160	325,50
Paraisópolis - S. J. dos Campos	100	150	310,00
Paraisópolis - São Paulo	217	245	672,20
Paraisópolis - Taubaté	81	90	251,10
Pouso Alegre - S. J. dos Campos	236	230	731,60
Roseira - S. J. dos Campos	73	75	226,30

S. B. do Campo - São Sebastião	216	280	669,60
S. C. do Sul - São Sebastião	217	350	672,70
S. J. dos Campos - São Paulo	97	90	300,70
S. J. dos Campos - São Sebastião	109	160	337,90
S. J. dos Campos - Taubaté	43	60	133,30
S. J. dos Campos - Ubatuba	134	190	415,40
São Paulo - São Sebastião	198	250	613,80
São Paulo - Taubaté	133	150	412,30
São Paulo - Tremembé	157	210	486,70
São Paulo - Ubatuba	226	300	700,60
São Sebastião - Taubaté	147	230	455,70

Modelagem do grafo

Seleção tripartida de atributos das arestas

- Distância
- Tempo de Viagem
- Custo de Combustível
- Considerar custo de combustível
- Prever custo de combustível

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
GRU - Bertioga	99	155	306,90
GRU - Caraguatatuba	161	140	399,10
GRU - Ilhabela	189	200	585,90
GRU - Jacareí	68	70	210,80
GRU - Paratiúna	110	90	341,00
GRU - S.J. dos Campos	76	70	235,60
GRU - São Sebastião	184	205	570,40
GRU - Ubatuba	212	280	657,20
Aparecida - Caçapava	60	60	186,00
Aparecida - Cruzeiro	47	95	145,70
Aparecida - Guaratinguetá	7	15	21,70
Aparecida - Lorena	20	30	62,00
Aparecida - Rosira	12	15	37,20
Aparecida - S.J. dos Campos	85	85	263,50
Aparecida - São Paulo	172	180	533,20
Aparecida - Taubaté	44	35	136,40
Bertioga - Caraguatatuba	112	205	347,20
Bertioga - Santo André	99	140	306,90
Bertioga - Santos	77	100	238,70
Bertioga - S. B. do Campo	96	110	297,60
Bertioga - S. C. do Sul	107	170	331,70
Bertioga - São Paulo	116	165	359,60
Bertioga - São Sebastião	87	155	269,70
Caçapava - C. Paulista	93	145	285,30

Rota	Distância Percorrida (km)	Tempo de Viagem (min)	Custo de Combustível (R\$)
Roseira - Taubaté	32	25	99,20
Santo André - São Sebastião	213	315	660,30
Santos - São Paulo	72	100	223,20
Santos - São Sebastião	160	265	496,00
S. B. do Sapucaí - S. J. dos Campos	83	120	257,30
S. B. do Campo - São Sebastião	216	280	669,60
S. C. do Sul - São Sebastião	217	350	672,70
S. J. dos Campos - São Paulo	97	90	300,70
S. J. dos Campos - São Sebastião	109	160	337,90
S. J. dos Campos - Taubaté	43	60	133,30
S. J. dos Campos - Ubatuba	134	190	415,40
São Paulo - São Sebastião	198	250	613,80
São Paulo - Taubaté	133	150	412,30
São Paulo - Tremembé	157	210	486,70
São Paulo - Ubatuba	226	300	700,60
São Sebastião - Taubaté	147	230	455,70

Lorena - Taubaté	62	80	192,20
Mogi das Cruzes - S. J. dos Campos	63	105	195,30
Mogi das Cruzes - São Paulo	61	80	189,10
Parabiuna - S. J. dos Campos	35	50	108,50
Parabiuna - São Paulo	123	150	381,30
Parabiuna - São Sebastião	74	120	229,40
Parabiuna - Taubaté	67	100	207,70
Paracatu - Ubatuba	105	160	325,50
Paraisópolis - S. J. dos Campos	100	150	310,00
Paraisópolis - São Paulo	217	245	672,20
Paraisópolis - Taubaté	81	90	251,10
Pouso Alegre - S. J. dos Campos	236	230	731,60
Rosira - S. J. dos Campos	73	75	226,30

Roseira - Taubaté	32	25	99,20
Santo André - São Sebastião	213	315	660,30
Santos - São Paulo	72	100	223,20
Santos - São Sebastião	160	265	496,00
S. B. do Sapucaí - S. J. dos Campos	83	120	257,30
S. B. do Campo - São Sebastião	216	280	669,60
S. C. do Sul - São Sebastião	217	350	672,70
S. J. dos Campos - São Paulo	97	90	300,70
S. J. dos Campos - São Sebastião	109	160	337,90
S. J. dos Campos - Taubaté	43	60	133,30
S. J. dos Campos - Ubatuba	134	190	415,40
São Paulo - São Sebastião	198	250	613,80
São Paulo - Taubaté	133	150	412,30
São Paulo - Tremembé	157	210	486,70
São Paulo - Ubatuba	226	300	700,60
São Sebastião - Taubaté	147	230	455,70

Modelagem do grafo

Função de avaliação: distância em linha reta entre cidades

Rota	Distância Estimada (km)
GRU - Aparecida	147
GRU - Bertioga	60
GRU - Caçapava	91
GRU - Cachoeira Paulista	181
GRU - Campinas	83
GRU - Campos do Jordão	126
GRU - Caraguatatuba	114
GRU - Cruzeiro	189
GRU - Guaratinguetá	155
GRU - Ilhabela	124
GRU - Itajubá	157
GRU - Jacareí	60
...	...

Implementação

2 tipos de buscas

Busca em Largura (BFS)

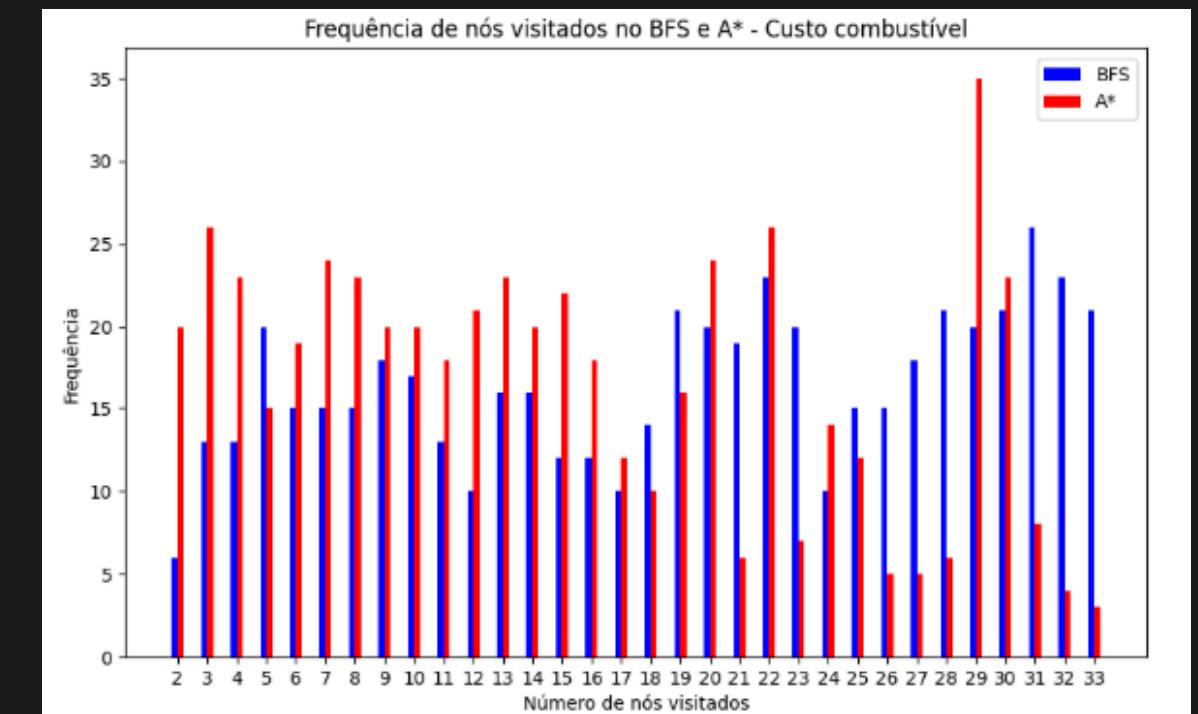
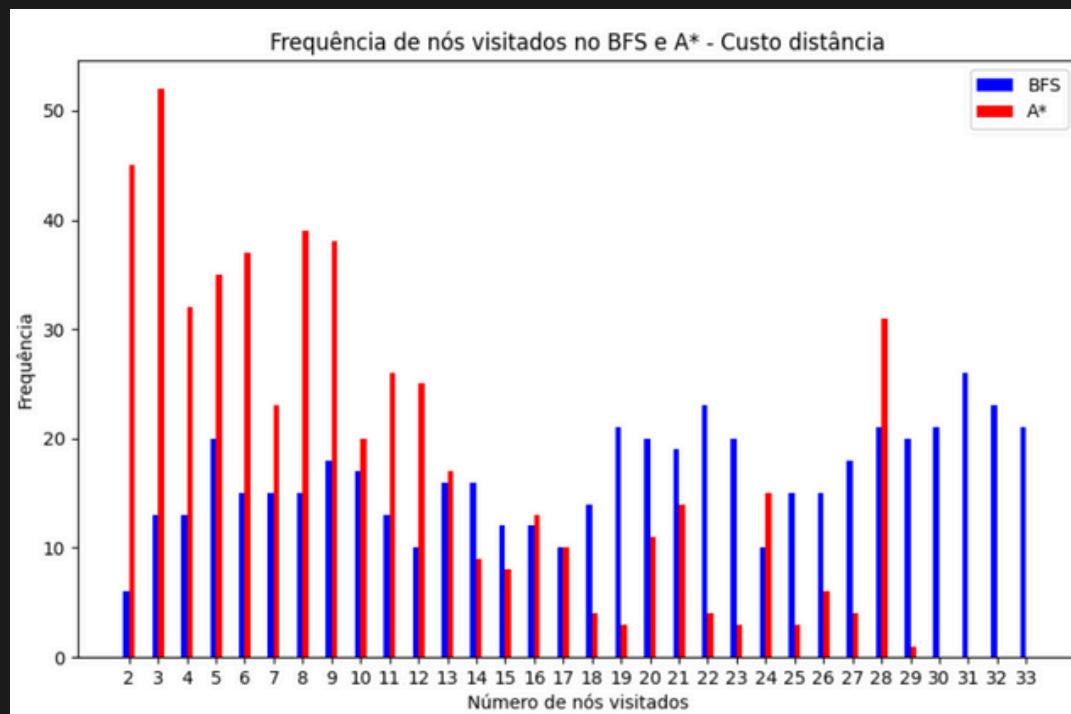
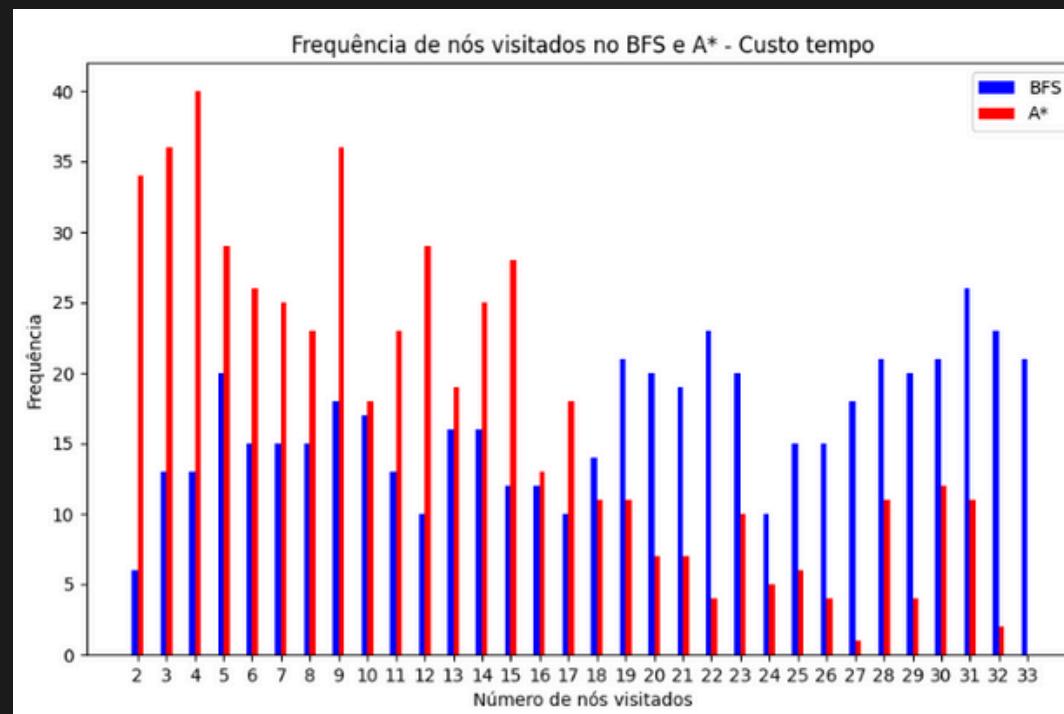
- Busca cega
- Explora primeiro os nós vizinhos do inicial
- Simplicidade e Completude

Busca A*

- Busca informada
- Usa informação extra (distância em linha reta)
- Evita explorar caminhos potencialmente mais caros

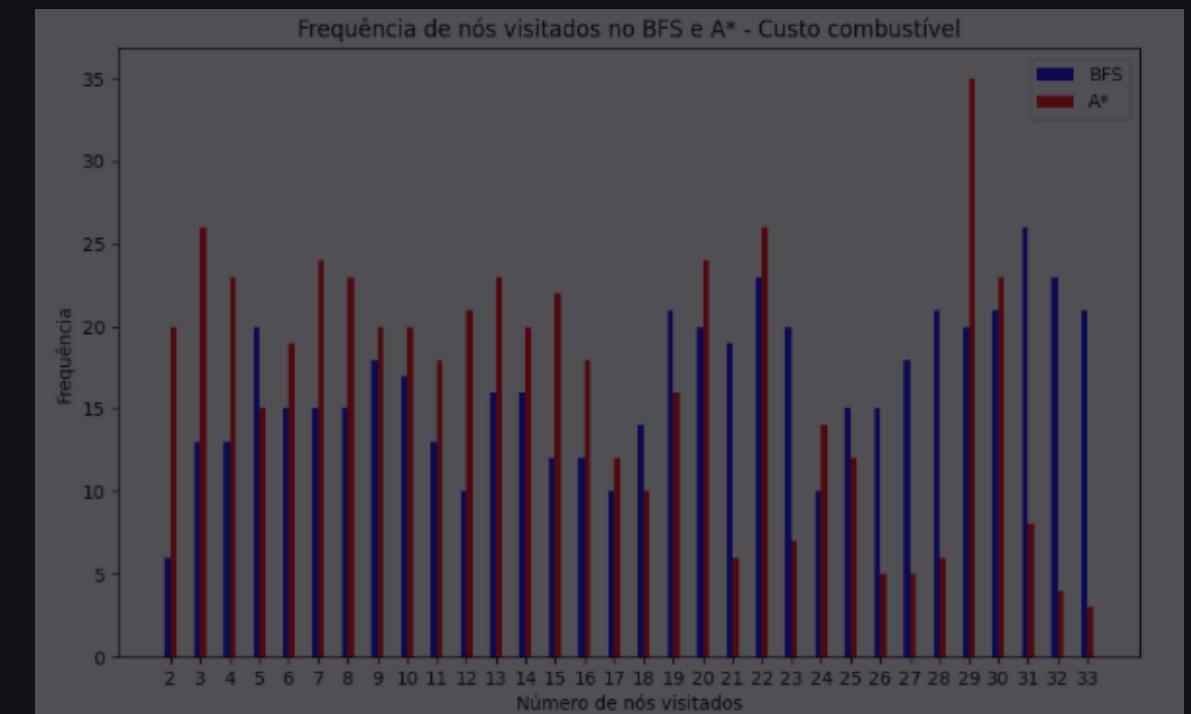
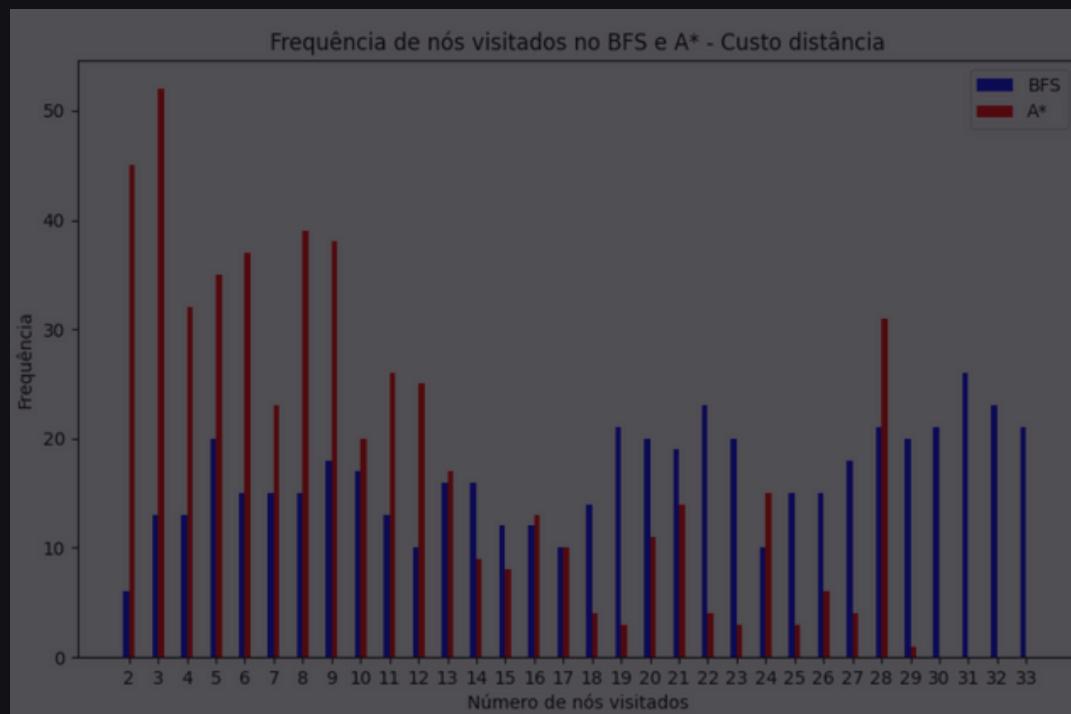
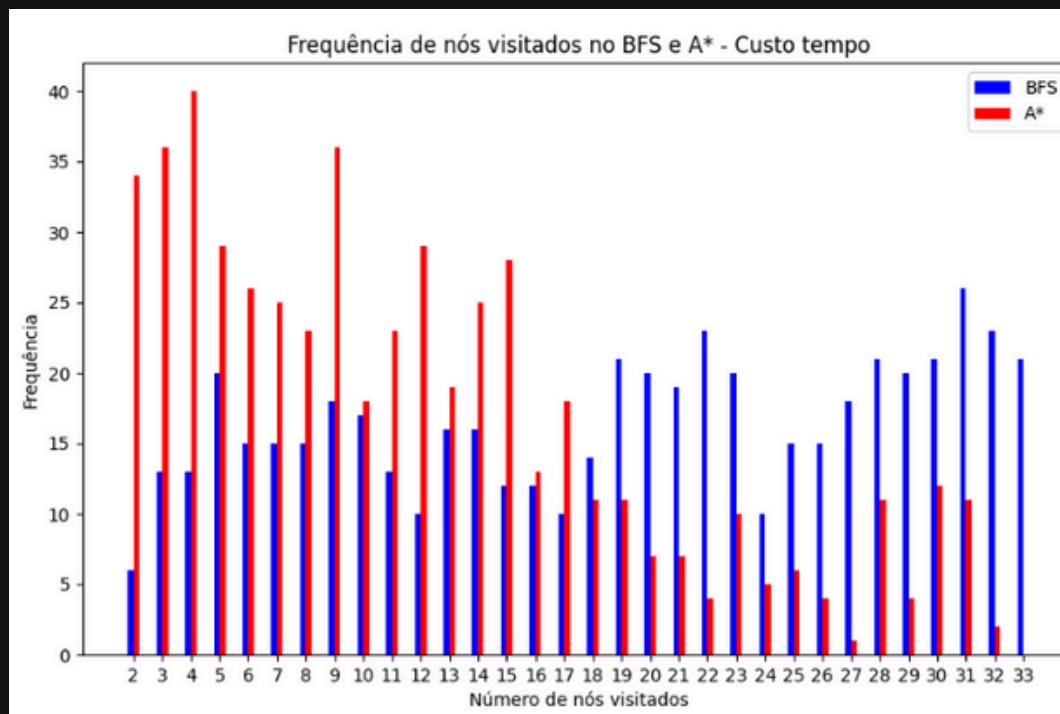
Resultados

Análise das Buscas: custo de tempo, distância e combustível



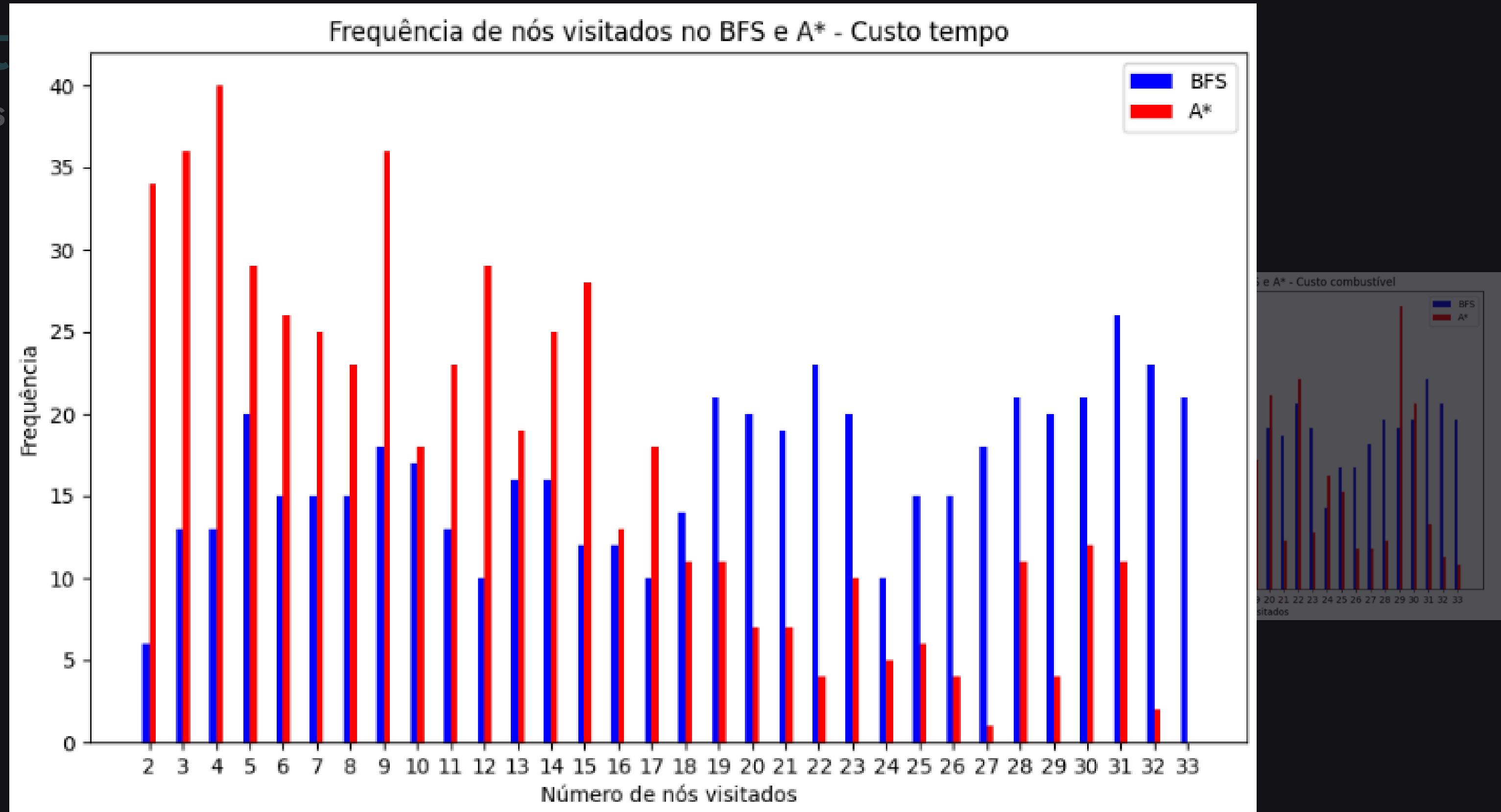
Resultados

Análise das Buscas: custo de tempo, distância e combustível



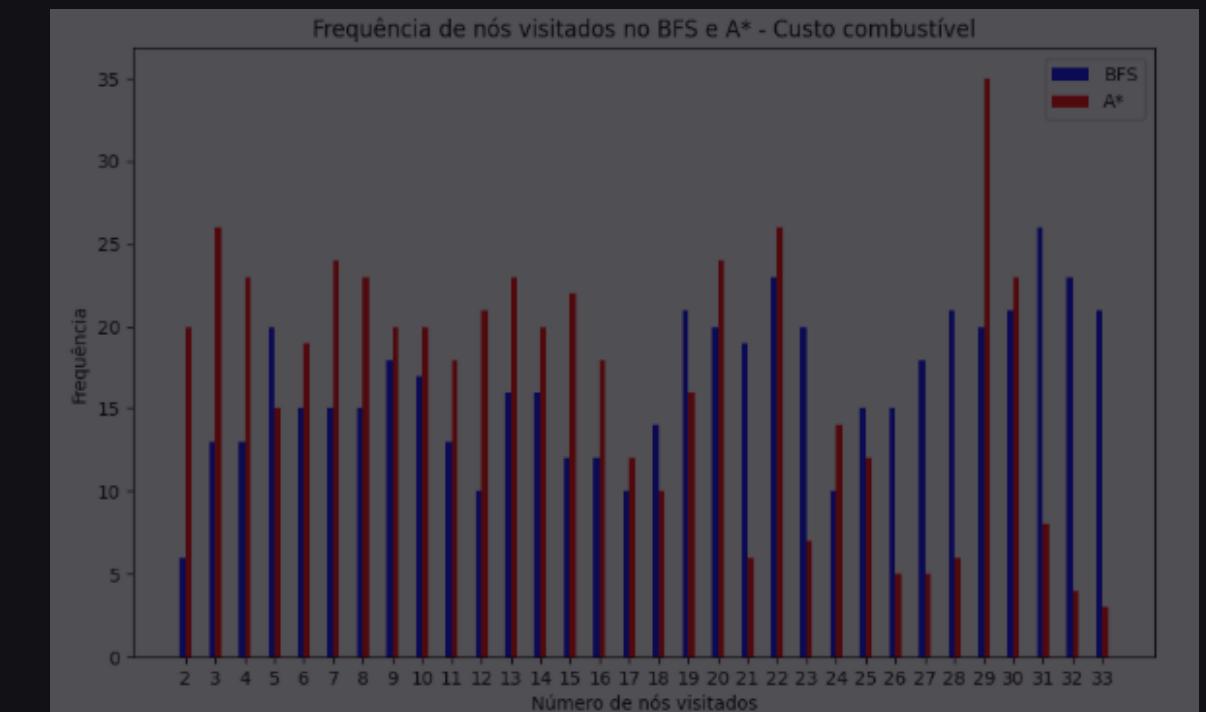
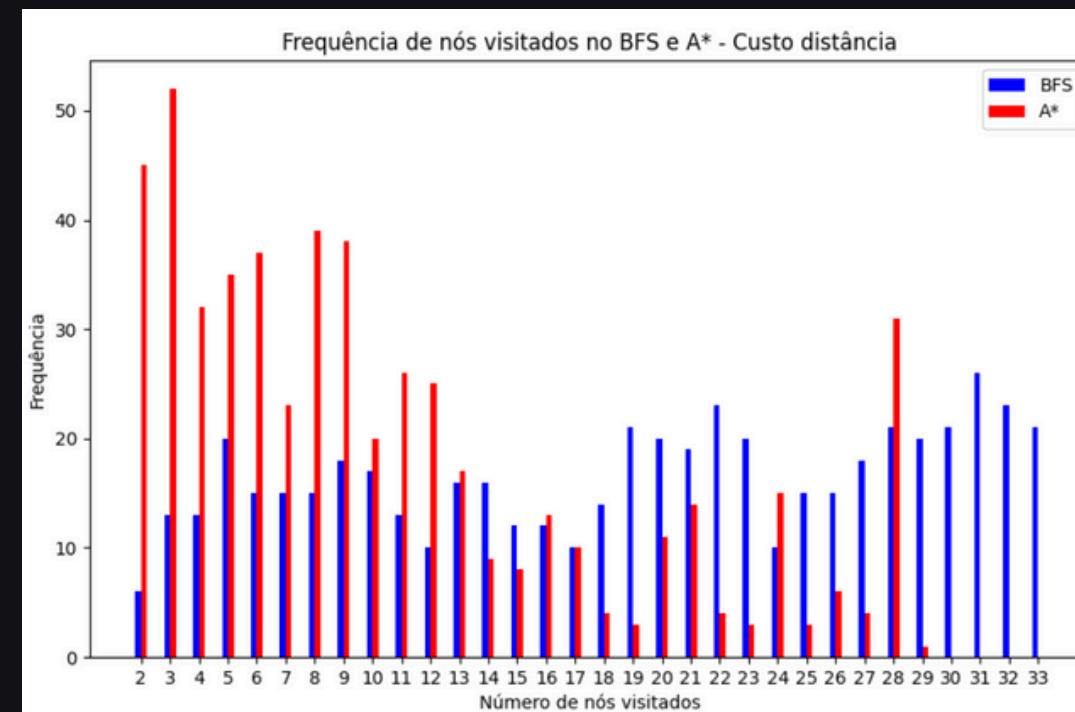
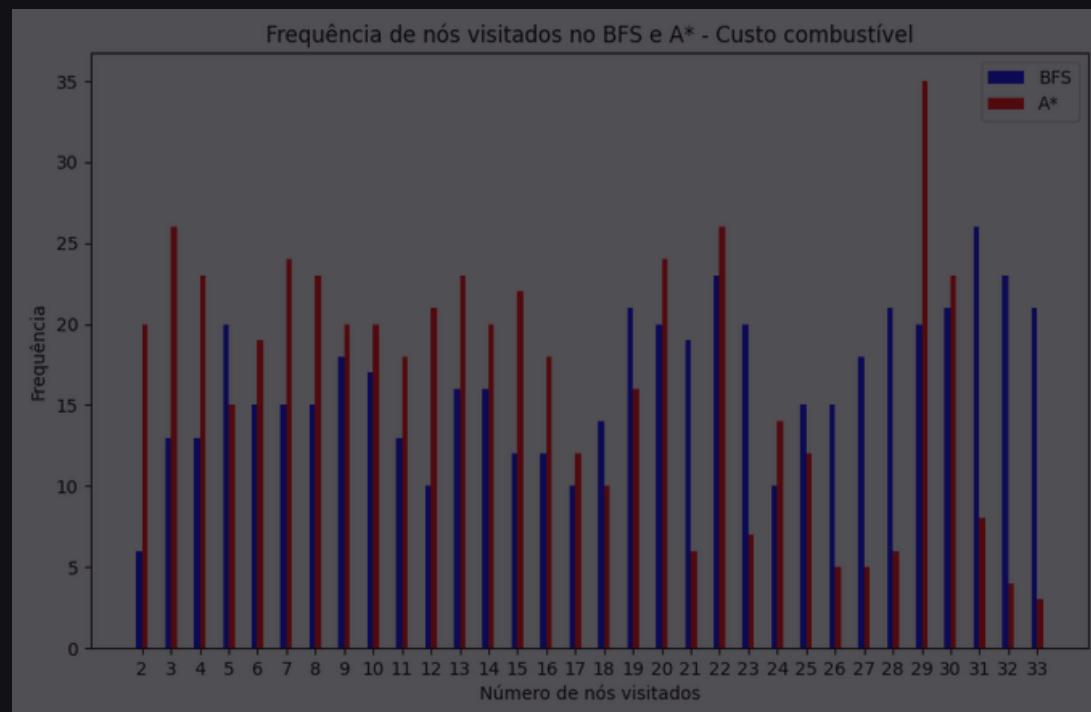
Resultados

Análise das



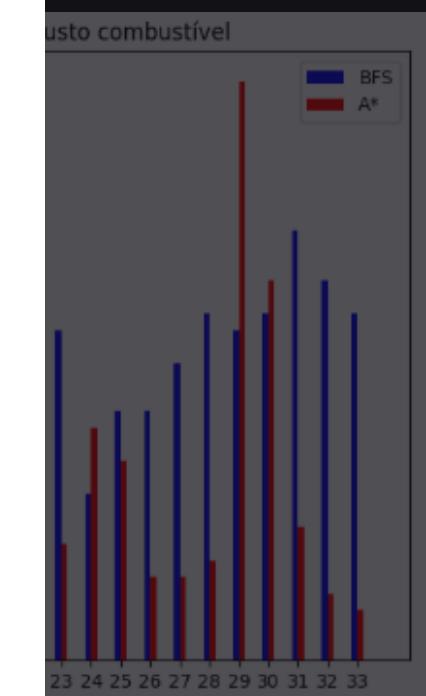
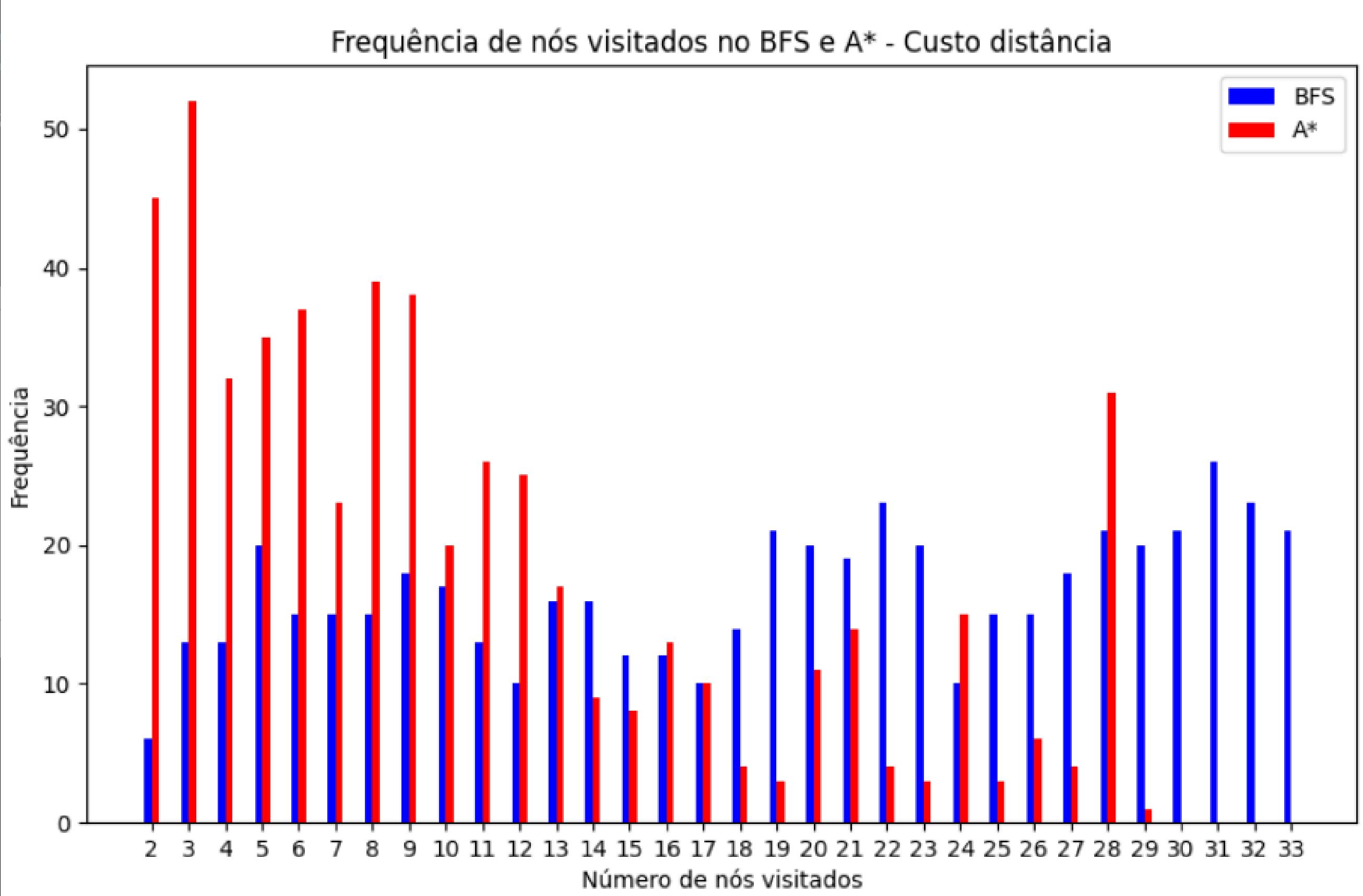
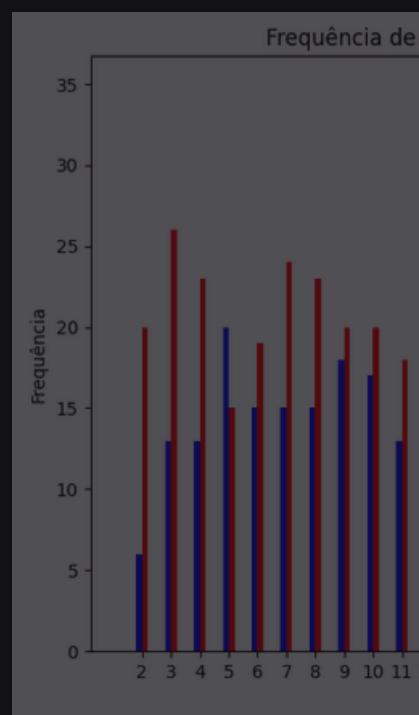
Resultados

Análise das Buscas: custo de tempo, distância e combustível



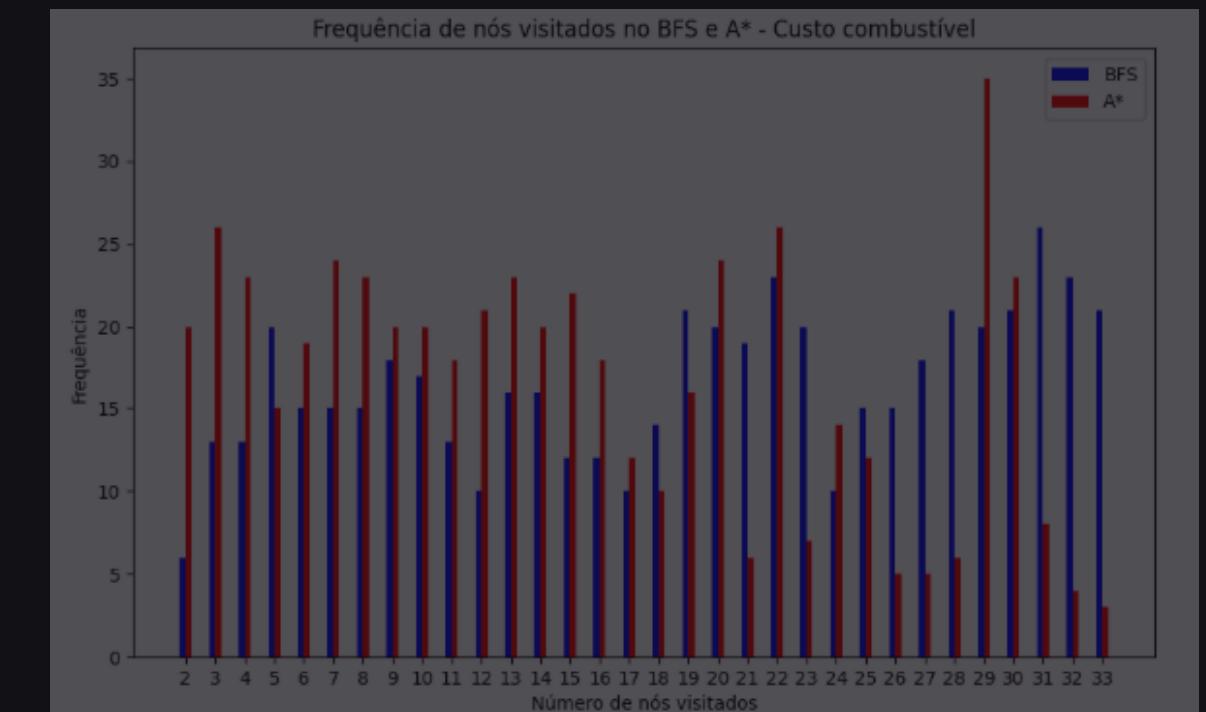
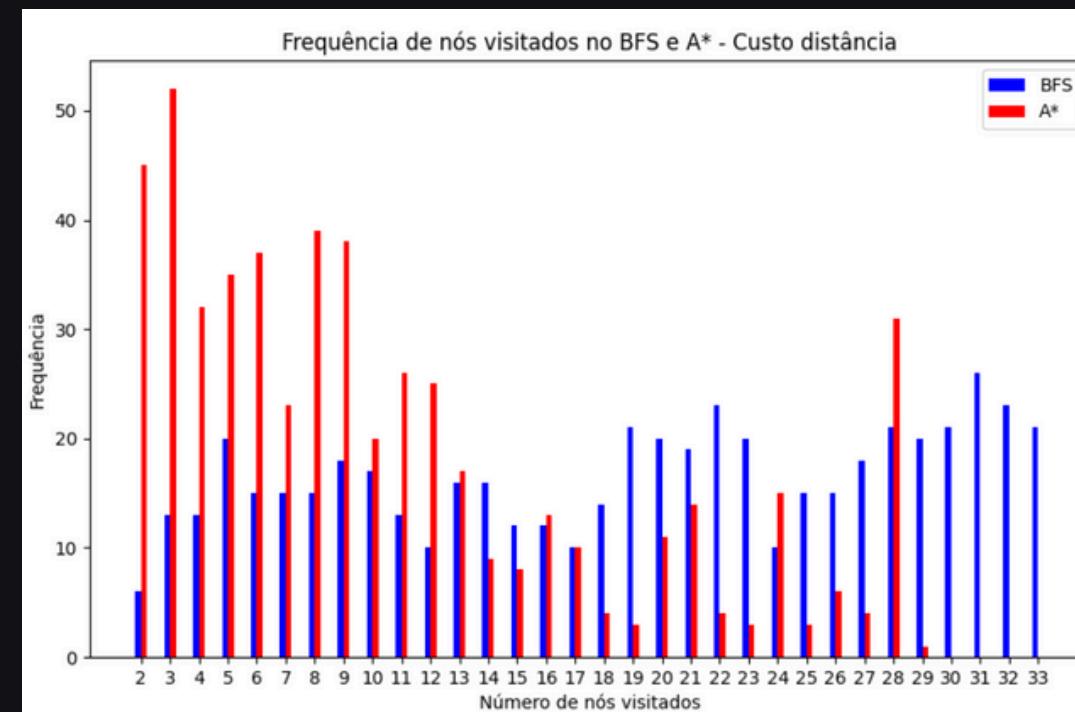
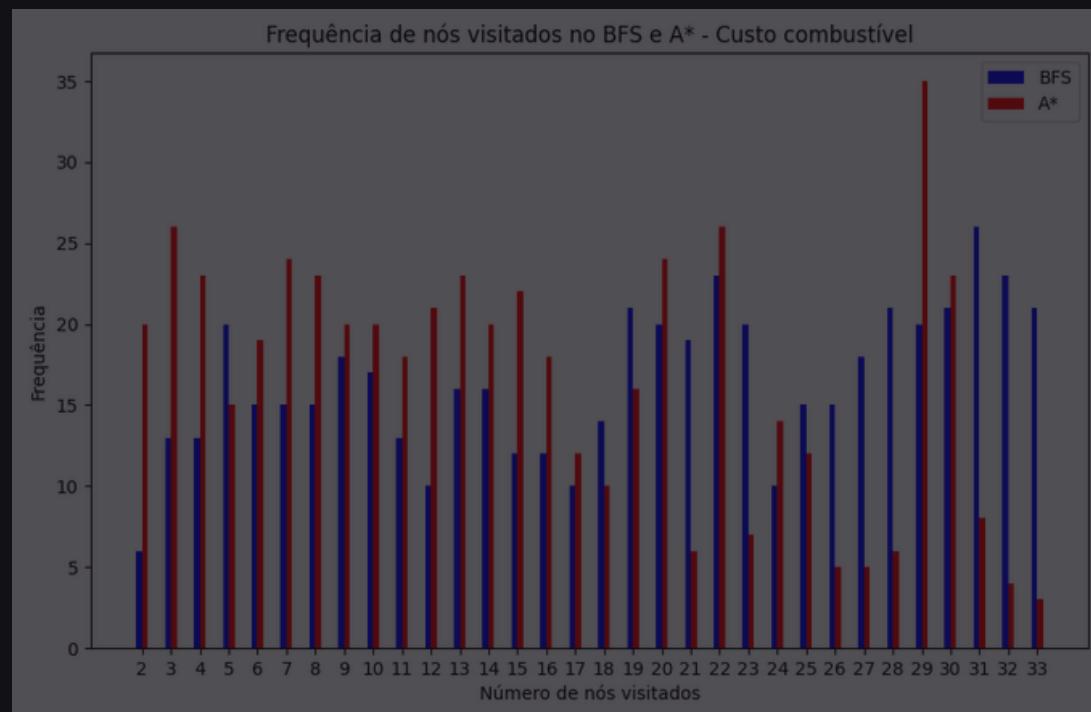
Resultados

Análise das frequências



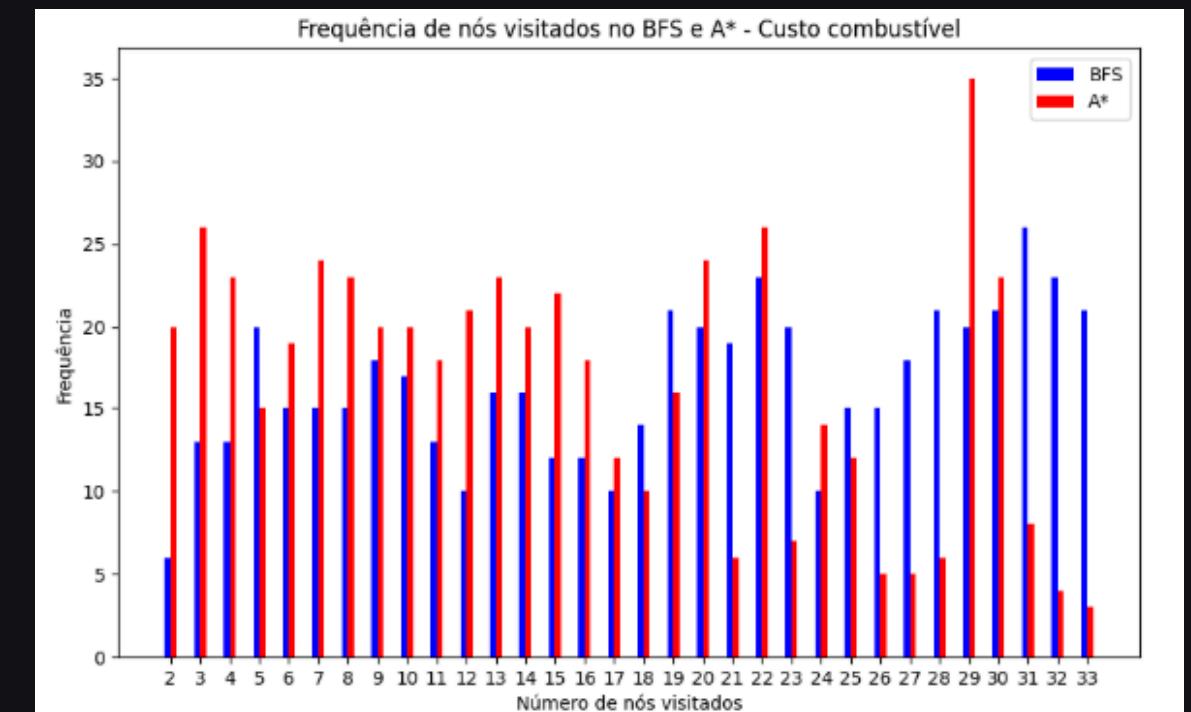
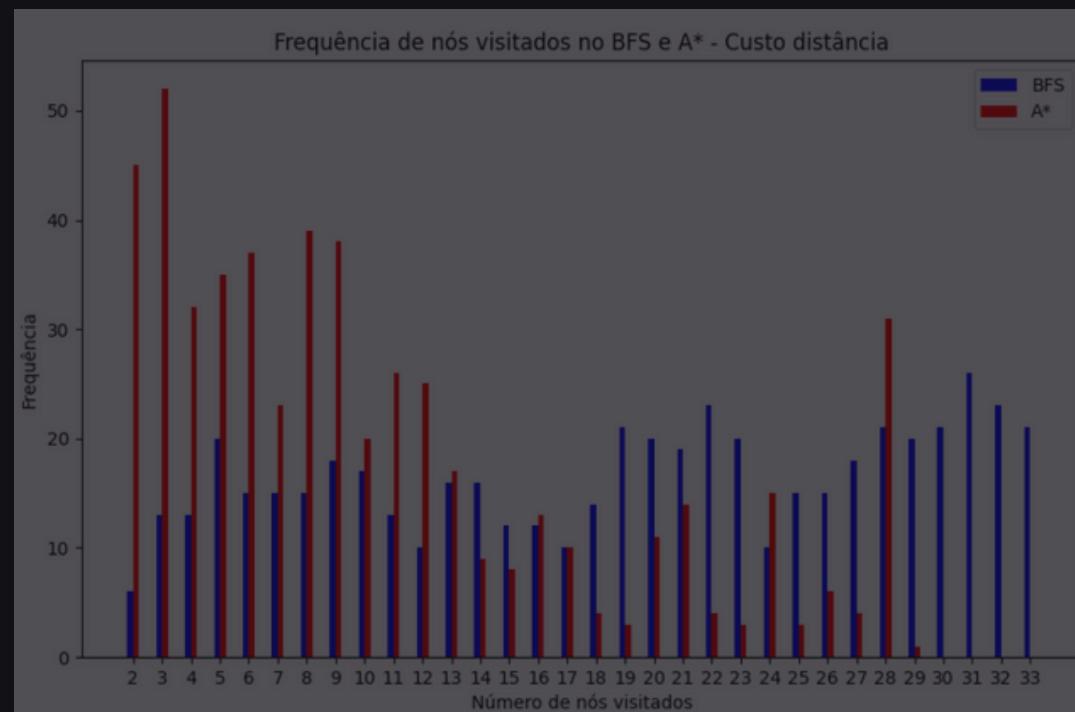
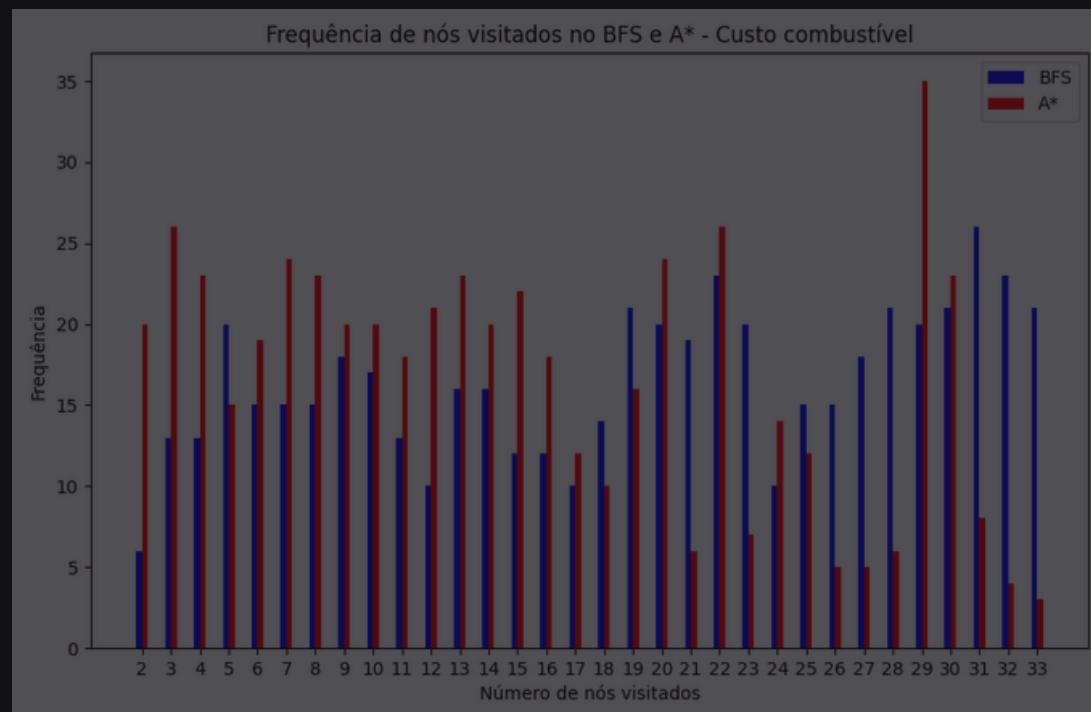
Resultados

Análise das Buscas: custo de tempo, distância e combustível

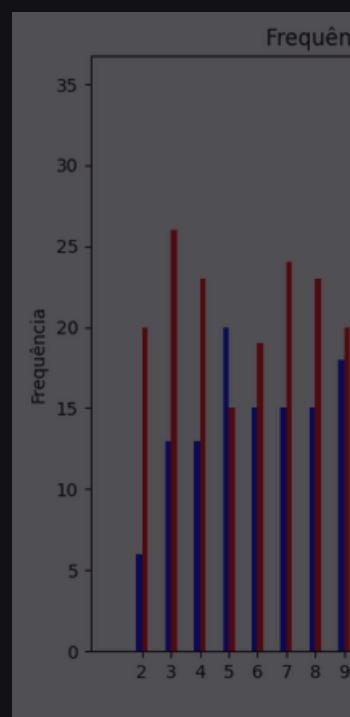


Resultados

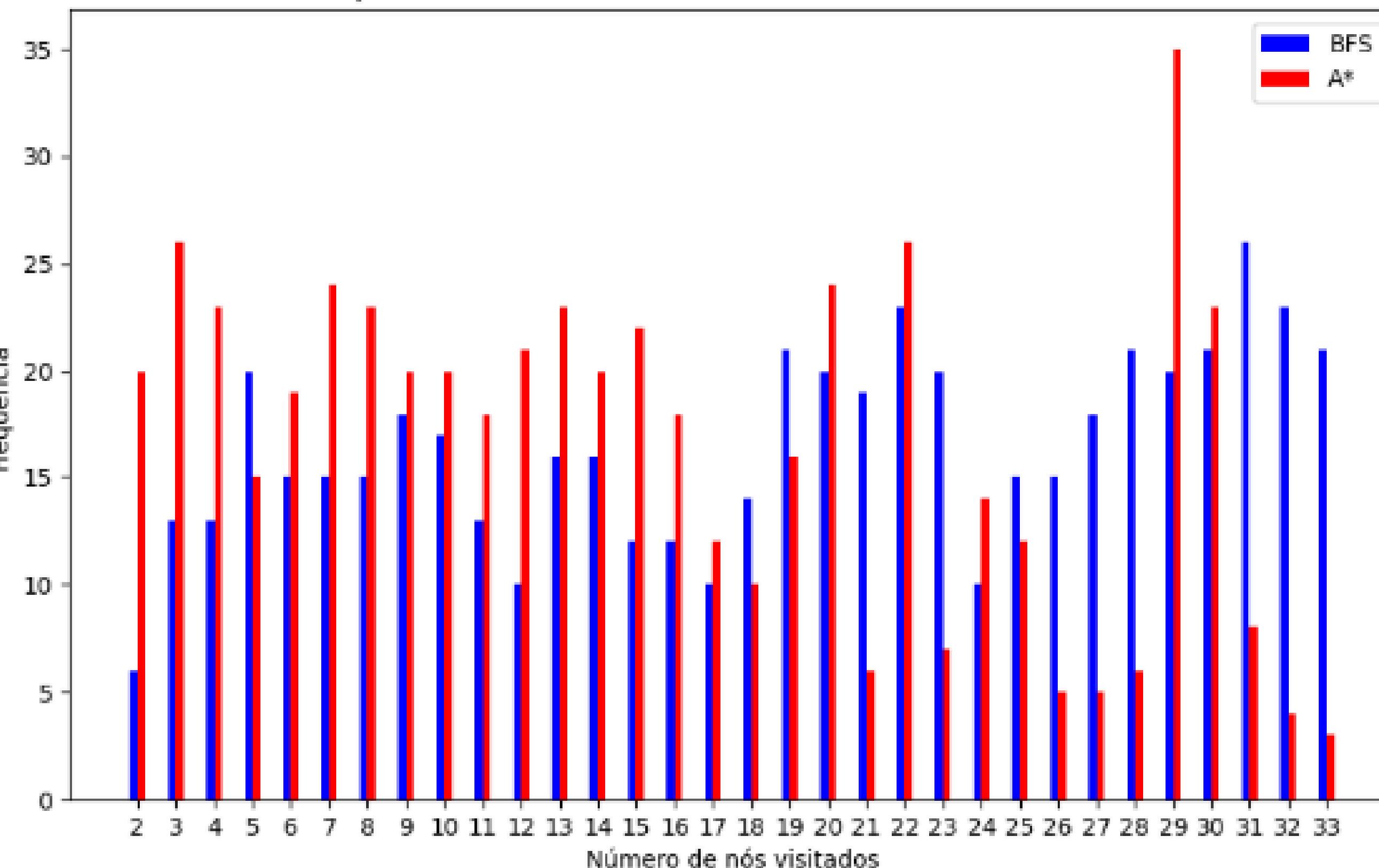
Análise das Buscas: custo de tempo, distância e combustível



Resu Análise d



Frequência de nós visitados no BFS e A* - Custo combustível



Resultados

Interface gráfica construída em Python

- Aprimorar UX da aplicação
- Montada em formato de formulário
- Uso de Python + biblioteca Streamlit

```
1  import streamlit as st
2  import pandas as pd
3  from bfs_v2 import buscaBFS
4  from astar import aStar
5
6  custos = {
7      'Tempo': '1',
8      'Distância': '2',
9      'Custo do combustível': '3'
10 }
11
12 unidade = {
13     'Tempo': 'min',
14     'Distância': 'km',
15     'Custo do combustível': 'Reais'
16 }
17
18 def search(tipo_busca_input, tipo_custo_input, no_inicial, no_final):
19     if tipo_busca_input == 'BFS - Busca em Largura':
20         caminho, custo, num_visitados = buscaBFS(custos[tipo_custo_input], no_inicial, no_final)
21         return {"caminho": caminho, "custo": custo, "visitados": num_visitados}
22     elif tipo_busca_input == 'A*':
23         caminho, custo, num_visitados = aStar(custos[tipo_custo_input], no_inicial, no_final)
24         return {"caminho": caminho, "custo": custo, "visitados": num_visitados}
25
26 st.title("Otimizador de Rotas da Pássaro Marron")
27
28
29 tipos_busca = ['BFS - Busca em Largura', 'A*']
30 tipos_custo = ['Tempo', 'Distância', 'Custo do combustível']
31
32 df = pd.read_csv('graph.csv', index_col=0)
33 cidades = list(df.index)
34
35
36 with st.form("FormBusca"):
37     tipo_busca_input = st.radio("Qual tipo de busca deseja usar?", tipos_busca)
38     tipo_custo_input = st.selectbox("Qual tipo de custo você deseja otimizar?", tipos_custo)
39
40     no_inicial = st.selectbox("Origem:", cidades)
41     no_final = st.selectbox("Destino", cidades)
42
43     botao = st.form_submit_button("Buscar")
44
45 if botao:
46     resultados = search(tipo_busca_input, tipo_custo_input, no_inicial, no_final)
47     with st.container():
48         st.header("Resultados:")
49         st.write(f"Caminho final: {resultados['caminho']}")
50         st.write(f"Custo: {resultados['custo']} {unidade[tipo_custo_input]}")
51         st.write(f"Número de nós visitados: {resultados['visitados']}")
```

Resultados

Interface gráfica cons

- Aprimorar UX da ap
- Montada em formato
- Uso de Python + bib

Otimizador de Rotas da Pássaro Marron

Qual tipo de busca deseja usar?

- BFS - Busca em Largura
 A*

Qual tipo de custo você deseja otimizar?

Tempo

Origem:

Lorena

Destino

Campinas

Buscar

Resultados:

Caminho final: ['Lorena', 'São José dos Campos', 'Campinas']

Custo: 310.0 min

Número de nós visitados: 17

(l):

```
_input], no_inicial, no_final)  
num_visitados}
```

```
_input], no_inicial, no_final)  
num_visitados}
```

```
tipos_busca)  
a otimizar?", tipos_custo)
```

```
.cial, no_final)
```

```
o_input]})  
'[]})
```

Resultados

Interface gráfica cons:

- Aprimorar UX da ap
- Montada em formato
- Uso de Python + bibli

Otimizador de Rotas da Pássaro Marron

Qual tipo de busca deseja usar?

- BFS - Busca em Largura
 A*

Qual tipo de custo você deseja otimizar?

Tempo

Origem:

Lorena

Destino

Campinas

Buscar

Resultados:

Caminho final: ['Lorena', 'Aparecida', 'São José dos Campos', 'Campinas']

Custo: 295.0 min

Número de nós visitados: 11

```
    al):  
        o_input], no_inicial, no_final)  
        num_visitados}  
  
        input], no_inicial, no_final)  
        num_visitados}  
  
, tipos_busca)  
ja otimizar?", tipos_custo)
```

```
icial, no_final)  
  
to_input]})  
s'[]})
```

Referências

- [1] S.Russel; P. Norvig. "Inteligência Artificial - Uma Abordagem Moderna". 4^a ed., 2022.
- [2] Rezende, Solange. "Estratégias de Busca Informada A* - slide de aula". 2024.
- [3] Universidade Federal do Rio de Janeiro. Relatório Final - Rendimento Energético. Disponível em:
http://www.ltc.coppe.ufrj.br/src/uploads/2020/05/rel_final_rend_ener_03_03_16.pdf.
- [4] Petrobras. Preços dos Combustíveis - Diesel. Disponível em:
<https://precos.petrobras.com.br/web/precos-dos-combustiveis/w/diesel/sp>

Obrigado!