



Relatório Final do Projeto

Nome dos Integrantes:	RA:
Diogo Lourenzon Hatz	10402406
Eduardo Marui de Camargo	10400734
Nicolas Fernandes Melnik	10402170

Mapa das Capitais Europeias: Distâncias por Rotas de Carro

1. Apresentação



Imagem 01 – Mapa da Europa, mostrando seus países e capitais.

O problema selecionado pelo grupo consiste em mapear as capitais dos países vizinhos do continente europeu, considerando as distâncias em quilômetros (km) entre elas em viagens de carro. Esse mapeamento é representado por um grafo direcionado, onde cada vértice representa uma capital europeia, cada aresta representa uma rota entre elas e o peso das arestas indica a distância da rota entre as capitais em km.

A escolha por um grafo direcionado se deve ao fato de que nem todas as estradas possuem dois sentidos, característica influenciada por diversos fatores, como o relevo, o que pode resultar em trajetos assimétricos, como curvas em montanhas que aumentam a distância no caminho de ida em comparação ao de volta.

Para o cálculo das distâncias, foi utilizado o Google Maps, que fornece a rota rodoviária para automóveis. Embora essas medições não sejam cem por cento precisas, elas foram consideradas suficientemente confiáveis e práticas para a realização do estudo.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



Vale ressaltar algumas exceções e particularidades que foram consideradas: Malta, por ser uma ilha, só tem uma ligação com Roma por meio de balsa, e a Islândia também possui essa limitação por ser uma ilha isolada, entretanto não é possível chegar de balsa nela. Na maioria dos casos, a rota entre as capitais é influenciada pelas fronteiras terrestres, com exceção de países como Reino Unido e França, onde a travessia envolve o Canal da Mancha.

Além disso, foi considerado que países com fronteiras em Kaliningrado fazem fronteira direta com a Rússia. Também foi incluído na Europa países que têm territórios tanto na Europa quanto na Ásia, como Rússia e Cazaquistão. Devido à guerra entre Rússia e Ucrânia, o trajeto entre esses dois países sofreu alterações no cálculo das distâncias.

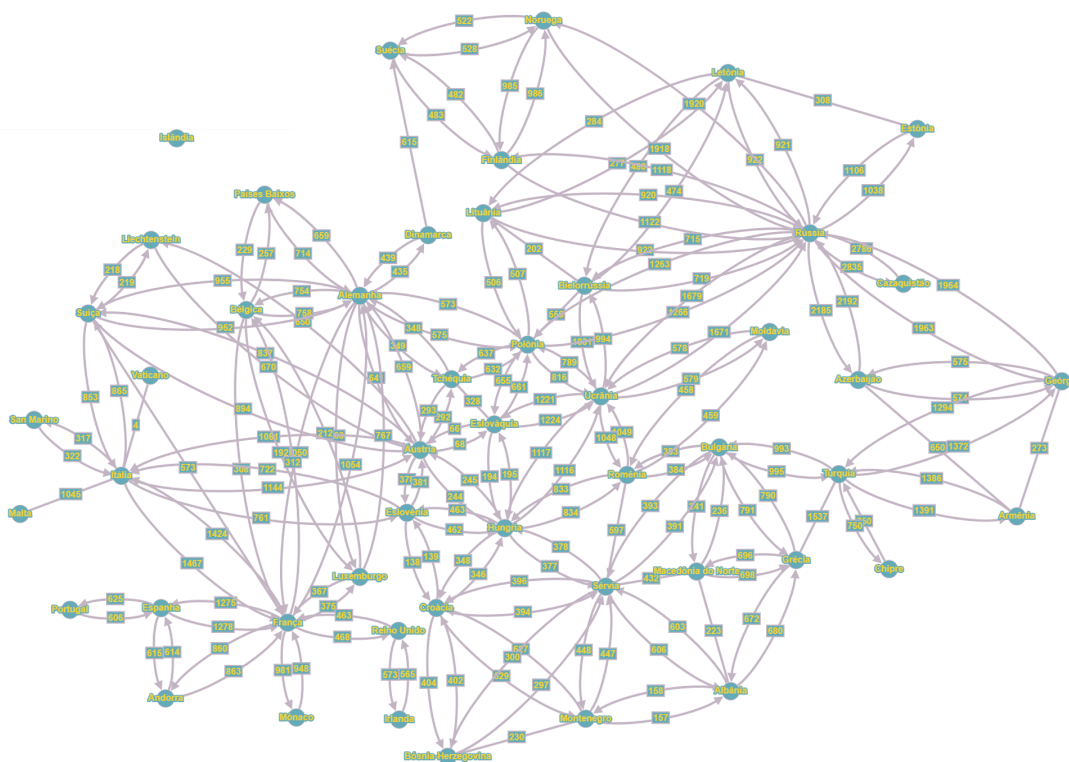


Imagem 02 – Grafo modelado no Graph Online.

Para acessar o grafo acima acesse o link: [Clique Aqui](#)

Com o objetivo de compreender melhor a modelagem realizada para esse projeto, a seguir está uma parte do grafo acima, contendo 6 países: Portugal, Espanha, França, Alemanha, Suíça e Itália.

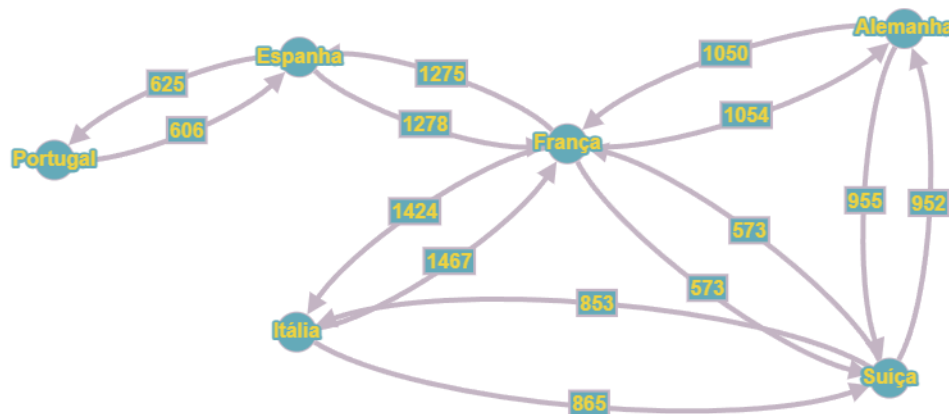


Imagem 03 – Grafo em escala menor.

Deste modo, é possível visualizar de maneira mais simplificada como funciona a modelagem do gráfico. Países que fazem fronteira possuem arestas de ida e volta, porém com pesos diferentes entre as arestas, pois como evidenciado anteriormente, nem sempre a mesma rodovia terá o caminho igual para ir e voltar. Os vértices são rotulados com o nome do país, visto que é mais comum as pessoas conhecerem o nome do país do que a capital do mesmo e o peso das arestas é a distância em quilômetros para chegar na capital dos países, partindo da capital do país de origem.

2. Objetivos ODS

Os objetivos da ODS contemplados no projeto são o 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e o 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). O projeto contempla o ODS 9, pois contribui para o desenvolvimento de infraestrutura rodoviária e sistemas de transporte ao oferecer uma ferramenta que facilita o planejamento de rotas otimizadas entre as capitais europeias. Já o ODS 11 é contemplado visto que a aplicação ajuda planejar viagens de forma eficiente, o que resulta em menor consumo de combustível, causando menos emissão de gases do efeito estufa.

3. Tecnologias Utilizadas

Para realização do projeto, utilizamos a linguagem Java e suas bibliotecas padrões. Para construção do grafo, utilizamos matriz de adjacência em todas as abordagens de grafos que construímos, visto que nosso programa não serve somente para o nosso problema, pois implementamos diversos tipos de grafos, ou seja, nosso código serve para várias abordagens.



4. Solução do Problema Proposto e Características Interessantes

O objetivo da aplicação é entregar **uma rota mais curta para o usuário que deseja visitar as capitais europeias de sua escolha (opção 10 do Menu)**, utilizando apenas as rodovias europeias. Para isso, ele informa quantos capitais ele deseja conhecer e ele insere os nomes dos países que deseja conhecer as capitais (sempre é verificado se aquele país é válido/existe).

Dessa forma, o grupo desenvolveu uma heurística para tentar buscar a menor rota capaz de satisfazer a necessidade do usuário. Entretanto, como se trata de uma heurística, nem sempre será encontrada a menor rota para os países fornecidos. Isso ocorre, pois o grafo é direcionado e a aplicação utiliza a técnica árvore geradora de custo mínimo, que só tem seu funcionamento pleno para grafos não direcionados.

A seguir, estão dispostas as etapas do algoritmo por trás da aplicação:

1. **Passo 1:** Para os países fornecidos, utiliza-se Dijkstra para todos os pares de vértices para encontrar quais países que precisam ser adicionados no roteiro, fora os países fornecidos. Isso porque às vezes os países desejados pelo usuário podem não realizarem fronteira
2. **Passo 2:** Cria-se um subgrafo com todos os países fornecidos do roteiro mais os países intermediários encontrados pelo Passo 1.
3. **Passo 3:** Usar a árvore geradora de custo mínimo para encontrar um possível caminho

Além disso, adicionamos mais 3 opções que trazem características interessantes não somente para o grafo, mas também para o problema, são elas:

- **Busca em Profundidade (opção 11 do menu):** oferece uma rota para os usuários visitarem todas as capitais europeias (menos da Islândia, já explicado anteriormente), explorando um caminho máximo possível antes de retroceder
- **Busca em Largura (opção 12 do menu):** oferece uma rota para os usuários visitarem todas as capitais europeias (menos da Islândia, já explicado anteriormente), explorando os nós de maneira nivelada, ou seja, visita todos os seus vizinhos diretos antes de prosseguir para os vizinhos dos vizinhos.



- **Caminho mínimo dijkstra (opção 13 do menu):** oferece para o usuário, a partir de um país de partida, uma rota mínima para chegar em qualquer país da Europa (menos da Islândia, já explicado anteriormente).

5. Testes de execução do menu

A seguir, será apresentado as imagens com os resultados dos testes de execução das opções do menu. Como o grafo é muito grande ele não será exibido na imagem em sua totalidade, apenas o início e o final do mesmo.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 1
V: 50
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ?
Adj[1,0]= ? Adj[1,1]= ? Adj[1,2]= ? Adj[1,3]= ? Adj[1,4]= 641.0 Adj[1,5]= ? Adj[1,6]= 754.0 Adj[1,7]= ? Adj[1,8]= ? Adj[1,9]= ? Adj[1,10]= ? Adj[1,11]= ? Adj[1,12]= ? Adj[1,13]= 435.0 Adj[1,14]= ? Adj[1,15]= ? Adj[1,16]= ? Adj[1,17]= ? Adj[1,18]= ? Adj[1,19]= 1050.0 Adj[1,20]= ? Adj[1,21]= ? Adj[1,22]= ? Adj[1,23]= ? Adj[1,24]= ? Adj[1,25]= ? Adj[1,26]= ? Adj[1,27]= ? Adj[1,28]= ? Adj[1,29]= 763.0 Adj[1,30]= ? Adj[1,31]= ? Adj[1,32]= ? Adj[1,33]= ? Adj[1,34]= ? Adj[1,35]= ? Adj[1,36]= 659.0 Adj[1,37]= 575.0 Adj[1,38]= ? Adj[1,39]= ? Adj[1,40]= ? Adj[1,41]= ? Adj[1,42]= ? Adj[1,43]= ? Adj[1,44]= ? Adj[1,45]= 955.0 Adj[1,46]= 349.0 Adj[1,47]= ? Adj[1,48]= ? Adj[1,49]= ?

fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchéquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano.
```

Imagem 04 – Teste da opção 1 do menu: Ler teste do arquivo.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 2

Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: |
```

Imagem 05 – Teste da opção 2 do menu: Salvando grafos em arquiv.txt



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 3
Insira o nome do vértice: Marrocos

Vértice inserido com sucesso!
V: 51
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ? Adj[0,50]= ?

fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchêquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano, 50: Marrocos,
```

Imagem 06 – Teste da opção 3 do menu: Inserindo um vértice que representa Marrocos.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 3
Insira o nome do vértice: Groelândia

Vértice inserido com sucesso!
V: 52
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ? Adj[0,50]= ? Adj[0,51]= ?

fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchêquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano, 50: Marrocos, 51: Groelândia,
```

Imagem 07 – Teste da opção 3 do menu: Inserindo um vértice que representa Groelândia.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 4

Insira a aresta no formato: v1 v2 peso: 50 16 800
Aresta inserida com sucesso!
V: 52
A: 194

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ? Adj[0,50]= ? Adj[0,51]= ?
```



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



```
Adj[50,0]= ? Adj[50,1]= ? Adj[50,2]= ? Adj[50,3]= ? Adj[50,4]= ? Adj[50,5]= ? Adj[50,6]= ? Adj[50,7]= ? Adj[50,8]= ? Adj[50,9]= ? Adj[50,10]= ? Adj[50,11]= ? Adj[50,12]= ? Adj[50,13]= ? Adj[50,14]= ? Adj[50,15]= ? Adj[50,16]= 880.0 Adj[50,17]= ? Adj[50,18]= ? Adj[50,19]= ? Adj[50,20]= ? Adj[50,21]= ? Adj[50,22]= ? Adj[50,23]= ? Adj[50,24]= ? Adj[50,25]= ? Adj[50,26]= ? Adj[50,27]= ? Adj[50,28]= ? Adj[50,29]= ? Adj[50,30]= ? Adj[50,31]= ? Adj[50,32]= ? Adj[50,33]= ? Adj[50,34]= ? Adj[50,35]= ? Adj[50,36]= ? Adj[50,37]= ? Adj[50,38]= ? Adj[50,39]= ? Adj[50,40]= ? Adj[50,41]= ? Adj[50,42]= ? Adj[50,43]= ? Adj[50,44]= ? Adj[50,45]= ? Adj[50,46]= ? Adj[50,47]= ? Adj[50,48]= ? Adj[50,49]= ? Adj[50,50]= ? Adj[50,51]= ? Adj[51,0]= ? Adj[51,1]= ? Adj[51,2]= ? Adj[51,3]= ? Adj[51,4]= ? Adj[51,5]= ? Adj[51,6]= ? Adj[51,7]= ? Adj[51,8]= ? Adj[51,9]= ? Adj[51,10]= ? Adj[51,11]= ? Adj[51,12]= ? Adj[51,13]= ? Adj[51,14]= ? Adj[51,15]= ? Adj[51,16]= ? Adj[51,17]= ? Adj[51,18]= ? Adj[51,19]= ? Adj[51,20]= ? Adj[51,21]= ? Adj[51,22]= ? Adj[51,23]= ? Adj[51,24]= ? Adj[51,25]= ? Adj[51,26]= ? Adj[51,27]= ? Adj[51,28]= ? Adj[51,29]= ? Adj[51,30]= ? Adj[51,31]= ? Adj[51,32]= ? Adj[51,33]= ? Adj[51,34]= ? Adj[51,35]= ? Adj[51,36]= ? Adj[51,37]= ? Adj[51,38]= ? Adj[51,39]= ? Adj[51,40]= ? Adj[51,41]= ? Adj[51,42]= ? Adj[51,43]= ? Adj[51,44]= ? Adj[51,45]= ? Adj[51,46]= ? Adj[51,47]= ? Adj[51,48]= ? Adj[51,49]= ? Adj[51,50]= ? Adj[51,51]= ?
```

fim da impressao do grafo.

Impressão dos nomes:

0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchêquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano, 50: Marrocos, 51: Groelândia,

Imagem 08 – Teste da opção 4 do menu: Inserindo uma aresta entre Espanha e Marrocos com peso 800.

Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 4

Insira a aresta no formato: v1 v2 peso: 51 24 2000

Aresta inserida com sucesso!

V: 52

A: 195

```
Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 683.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ? Adj[0,50]= ? Adj[0,51]= ?
```

```
Adj[51,0]= ? Adj[51,1]= ? Adj[51,2]= ? Adj[51,3]= ? Adj[51,4]= ? Adj[51,5]= ? Adj[51,6]= ? Adj[51,7]= ? Adj[51,8]= ? Adj[51,9]= ? Adj[51,10]= ? Adj[51,11]= ? Adj[51,12]= ? Adj[51,13]= ? Adj[51,14]= ? Adj[51,15]= ? Adj[51,16]= ? Adj[51,17]= ? Adj[51,18]= ? Adj[51,19]= ? Adj[51,20]= ? Adj[51,21]= ? Adj[51,22]= ? Adj[51,23]= ? Adj[51,24]= 2800.0 Adj[51,25]= ? Adj[51,26]= ? Adj[51,27]= ? Adj[51,28]= ? Adj[51,29]= ? Adj[51,30]= ? Adj[51,31]= ? Adj[51,32]= ? Adj[51,33]= ? Adj[51,34]= ? Adj[51,35]= ? Adj[51,36]= ? Adj[51,37]= ? Adj[51,38]= ? Adj[51,39]= ? Adj[51,40]= ? Adj[51,41]= ? Adj[51,42]= ? Adj[51,43]= ? Adj[51,44]= ? Adj[51,45]= ? Adj[51,46]= ? Adj[51,47]= ? Adj[51,48]= ? Adj[51,49]= ? Adj[51,50]= ? Adj[51,51]= ?
```

fim da impressao do grafo.

Impressão dos nomes:

0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchêquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano, 50: Marrocos, 51: Groelândia,

Imagem 09 – Teste da opção 4 do menu: Inserindo uma aresta entre Islândia e Groelândia com peso 2000.

```
Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 5
Insira o vértice a ser removido: 24
Vértice removido com sucesso!

Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 8
Imprimindo o grafo...

V: 51
A: 194
```

Imagem 10 – Teste da opção 5 do menu: Removendo o vértice que representa a Islândia.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática
Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



```
Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 5
Insira o vértice a ser removido: 50
Vértice removido com sucesso!

Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 8
Imprimindo o grafo...

V: 50
A: 194
```

Imagem 11 – Teste da opção 5 do menu: Removendo o vértice que representa a Groelândia.

```
Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 6

Insira a aresta no formato: v1 v2: 48 24
Aresta removida com sucesso!
V: 50
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= 223.0 Adj[0,30]= ? Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= 158.0 Adj[0,34]= ? Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= 603.0 Adj[0,43]= ? Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ?

Adj[48,0]= ? Adj[48,1]= ? Adj[48,2]= ? Adj[48,3]= ? Adj[48,4]= ? Adj[48,5]= ? Adj[48,6]= ? Adj[48,7]= ? Adj[48,8]= ? Adj[48,9]= ? Adj[48,10]= ? Adj[48,11]= ? Adj[48,12]= ? Adj[48,13]= ? Adj[48,14]= ? Adj[48,15]= ? Adj[48,16]= ? Adj[48,17]= ? Adj[48,18]= ? Adj[48,19]= ? Adj[48,20]= ? Adj[48,21]= ? Adj[48,22]= ? Adj[48,23]= ? Adj[48,24]= ? Adj[48,25]= ? Adj[48,26]= ? Adj[48,27]= ? Adj[48,28]= ? Adj[48,29]= ? Adj[48,30]= ? Adj[48,31]= ? Adj[48,32]= ? Adj[48,33]= ? Adj[48,34]= ? Adj[48,35]= ? Adj[48,36]= ? Adj[48,37]= ? Adj[48,38]= ? Adj[48,39]= ? Adj[48,40]= ? Adj[48,41]= ? Adj[48,42]= ? Adj[48,43]= ? Adj[48,44]= ? Adj[48,45]= ? Adj[48,46]= ? Adj[48,47]= ? Adj[48,48]= ? Adj[48,49]= ?
Adj[49,0]= ? Adj[49,1]= ? Adj[49,2]= ? Adj[49,3]= ? Adj[49,4]= ? Adj[49,5]= ? Adj[49,6]= ? Adj[49,7]= ? Adj[49,8]= ? Adj[49,9]= ? Adj[49,10]= ? Adj[49,11]= ? Adj[49,12]= ? Adj[49,13]= ? Adj[49,14]= ? Adj[49,15]= ? Adj[49,16]= 880.0 Adj[49,17]= ? Adj[49,18]= ? Adj[49,19]= ? Adj[49,20]= ? Adj[49,21]= ? Adj[49,22]= ? Adj[49,23]= ? Adj[49,24]= ? Adj[49,25]= ? Adj[49,26]= ? Adj[49,27]= ? Adj[49,28]= ? Adj[49,29]= ? Adj[49,30]= ? Adj[49,31]= ? Adj[49,32]= ? Adj[49,33]= ? Adj[49,34]= ? Adj[49,35]= ? Adj[49,36]= ? Adj[49,37]= ? Adj[49,38]= ? Adj[49,39]= ? Adj[49,40]= ? Adj[49,41]= ? Adj[49,42]= ? Adj[49,43]= ? Adj[49,44]= ? Adj[49,45]= ? Adj[49,46]= ? Adj[49,47]= ? Adj[49,48]= ? Adj[49,49]= ?

fim da impressao do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Itália, 25: Letônia, 26: Lituânia, 27: Liechtenstein, 28: Luxemburgo, 29: Macedônia, 30: Malta, 31: Moldávia, 32: Mônaco, 33: Montenegro, 34: Noruega, 35: Países, 36: Polónia, 37: Portugal, 38: Reino, 39: Romênia, 40: Rússia, 41: San, 42: Sérvia, 43: Suécia, 44: Suíça, 45: Tchêquia, 46: Turquia, 47: Ucrânia, 48: Vaticano, 49: Marrocos,
```

Imagem 12 – Teste da opção 6 do menu: Removendo a aresta que liga as capitais do Vaticano e da Itália.



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Faculdade de Computação e Informática

Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira

Teoria dos Grafos



```
Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 6

Insira a aresta no formato: v1 v2: 47 36
Aresta removida com sucesso!
V: 50
A: 192

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= 223.0 Adj[0,30]= ? Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= 158.0 Adj[0,34]= ? Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= 603.0 Adj[0,43]= ? Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ?
```

```
Adj[47,0]= ? Adj[47,1]= ? Adj[47,2]= ? Adj[47,3]= ? Adj[47,4]= ? Adj[47,5]= ? Adj[47,6]= ? Adj[47,7]= 994.0 Adj[47,8]= ? Adj[47,9]= ? Adj[47,10]= ? Adj[47,11]= ? Adj[47,12]= ? Adj[47,13]= ? Adj[47,14]= 1221.0 Adj[47,15]= ? Adj[47,16]= ? Adj[47,17]= ? Adj[47,18]= ? Adj[47,19]= ? Adj[47,20]= ? Adj[47,21]= ? Adj[47,22]= 1117.0 Adj[47,23]= ? Adj[47,24]= ? Adj[47,25]= ? Adj[47,26]= ? Adj[47,27]= ? Adj[47,28]= ? Adj[47,29]= ? Adj[47,30]= ? Adj[47,31]= ? Adj[47,32]= ? Adj[47,33]= ? Adj[47,34]= ? Adj[47,35]= ? Adj[47,36]= ? Adj[47,37]= ? Adj[47,38]= ? Adj[47,39]= 1048.0 Adj[47,40]= 1671.0 Adj[47,41]= ? Adj[47,42]= ? Adj[47,43]= ? Adj[47,44]= ? Adj[47,45]= ? Adj[47,46]= ? Adj[47,47]= ? Adj[47,48]= ? Adj[47,49]= ? Adj[48,0]= ? Adj[48,1]= ? Adj[48,2]= ? Adj[48,3]= ? Adj[48,4]= ? Adj[48,5]= ? Adj[48,6]= ? Adj[48,7]= ? Adj[48,8]= ? Adj[48,9]= ? Adj[48,10]= ? Adj[48,11]= ? Adj[48,12]= ? Adj[48,13]= ? Adj[48,14]= ? Adj[48,15]= ? Adj[48,16]= ? Adj[48,17]= ? Adj[48,18]= ? Adj[48,19]= ? Adj[48,20]= ? Adj[48,21]= ? Adj[48,22]= ? Adj[48,23]= ? Adj[48,24]= ? Adj[48,25]= ? Adj[48,26]= ? Adj[48,27]= ? Adj[48,28]= ? Adj[48,29]= ? Adj[48,30]= ? Adj[48,31]= ? Adj[48,32]= ? Adj[48,33]= ? Adj[48,34]= ? Adj[48,35]= ? Adj[48,36]= ? Adj[48,37]= ? Adj[48,38]= ? Adj[48,39]= ? Adj[48,40]= ? Adj[48,41]= ? Adj[48,42]= ? Adj[48,43]= ? Adj[48,44]= ? Adj[48,45]= ? Adj[48,46]= ? Adj[48,47]= ? Adj[48,48]= ? Adj[48,49]= ? Adj[49,0]= ? Adj[49,1]= ? Adj[49,2]= ? Adj[49,3]= ? Adj[49,4]= ? Adj[49,5]= ? Adj[49,6]= ? Adj[49,7]= ? Adj[49,8]= ? Adj[49,9]= ? Adj[49,10]= ? Adj[49,11]= ? Adj[49,12]= ? Adj[49,13]= ? Adj[49,14]= ? Adj[49,15]= ? Adj[49,16]= 880.0 Adj[49,17]= ? Adj[49,18]= ? Adj[49,19]= ? Adj[49,20]= ? Adj[49,21]= ? Adj[49,22]= ? Adj[49,23]= ? Adj[49,24]= ? Adj[49,25]= ? Adj[49,26]= ? Adj[49,27]= ? Adj[49,28]= ? Adj[49,29]= ? Adj[49,30]= ? Adj[49,31]= ? Adj[49,32]= ? Adj[49,33]= ? Adj[49,34]= ? Adj[49,35]= ? Adj[49,36]= ? Adj[49,37]= ? Adj[49,38]= ? Adj[49,39]= ? Adj[49,40]= ? Adj[49,41]= ? Adj[49,42]= ? Adj[49,43]= ? Adj[49,44]= ? Adj[49,45]= ? Adj[49,46]= ? Adj[49,47]= ? Adj[49,48]= ? Adj[49,49]= ?
```

```
fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Itália, 25: Letônia, 26: Lituânia, 27: Liechtenstein, 28: Luxemburgo, 29: Macedônia, 30: Malta, 31: Moldávia, 32: Mônaco, 33: Montenegro, 34: Noruega, 35: Países, 36: Polónia, 37: Portugal, 38: Reino, 39: Romênia, 40: Rússia, 41: San, 42: Sérvia, 43: Suécia, 44: Suíça, 45: Tchêquia, 46: Turquia, 47: Ucrânia, 48: Vaticano, 49: Marrocos,
```

Imagem 13 – Teste da opção 6 do menu: Removendo a aresta que liga as capitais da Ucrânia e da Polónia.

```
Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conectividade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 7
V: 50
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ?

Adj[48,0]= ? Adj[48,1]= ? Adj[48,2]= ? Adj[48,3]= ? Adj[48,4]= ? Adj[48,5]= ? Adj[48,6]= ? Adj[48,7]= 994.0 Adj[48,8]= ? Adj[48,9]= ? Adj[48,10]= ? Adj[48,11]= ? Adj[48,12]= ? Adj[48,13]= ? Adj[48,14]= 1221.0 Adj[48,15]= ? Adj[48,16]= ? Adj[48,17]= ? Adj[48,18]= ? Adj[48,19]= ? Adj[48,20]= ? Adj[48,21]= ? Adj[48,22]= 1117.0 Adj[48,23]= ? Adj[48,24]= ? Adj[48,25]= ? Adj[48,26]= ? Adj[48,27]= ? Adj[48,28]= ? Adj[48,29]= ? Adj[48,30]= ? Adj[48,31]= ? Adj[48,32]= ? Adj[48,33]= ? Adj[48,34]= ? Adj[48,35]= ? Adj[48,36]= ? Adj[48,37]= 789.0 Adj[48,38]= ? Adj[48,39]= ? Adj[48,40]= 1048.0 Adj[48,41]= 1671.0 Adj[48,42]= ? Adj[48,43]= ? Adj[48,44]= ? Adj[48,45]= ? Adj[48,46]= ? Adj[48,47]= ? Adj[48,48]= ? Adj[48,49]= ? Adj[49,0]= ? Adj[49,1]= ? Adj[49,2]= ? Adj[49,3]= ? Adj[49,4]= ? Adj[49,5]= ? Adj[49,6]= ? Adj[49,7]= ? Adj[49,8]= ? Adj[49,9]= ? Adj[49,10]= ? Adj[49,11]= ? Adj[49,12]= ? Adj[49,13]= ? Adj[49,14]= ? Adj[49,15]= ? Adj[49,16]= ? Adj[49,17]= ? Adj[49,18]= ? Adj[49,19]= ? Adj[49,20]= ? Adj[49,21]= ? Adj[49,22]= ? Adj[49,23]= ? Adj[49,24]= ? Adj[49,25]= 4.0 Adj[49,26]= ? Adj[49,27]= ? Adj[49,28]= ? Adj[49,29]= ? Adj[49,30]= ? Adj[49,31]= ? Adj[49,32]= ? Adj[49,33]= ? Adj[49,34]= ? Adj[49,35]= ? Adj[49,36]= ? Adj[49,37]= ? Adj[49,38]= ? Adj[49,39]= ? Adj[49,40]= ? Adj[49,41]= ? Adj[49,42]= ? Adj[49,43]= ? Adj[49,44]= ? Adj[49,45]= ? Adj[49,46]= ? Adj[49,47]= ? Adj[49,48]= ? Adj[49,49]= ?

fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Islândia, 25: Itália, 26: Letônia, 27: Lituânia, 28: Liechtenstein, 29: Luxemburgo, 30: Macedônia, 31: Malta, 32: Moldávia, 33: Mônaco, 34: Montenegro, 35: Noruega, 36: Países, 37: Polónia, 38: Portugal, 39: Reino, 40: Romênia, 41: Rússia, 42: San, 43: Sérvia, 44: Suécia, 45: Suíça, 46: Tchêquia, 47: Turquia, 48: Ucrânia, 49: Vaticano,
Grafo orientado com peso na aresta
```

Imagem 14 – Teste da opção 7 do menu: Mostrar o que tem no arquivo (grafo inicial).



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática
Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexidade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 8
Imprimindo o grafo...

V: 50
A: 193

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= ? Adj[0,5]= ? Adj[0,6]= ? Adj[0,7]= ? Adj[0,8]= ? Adj[0,9]= ? Adj[0,10]= ? Adj[0,11]= ? Adj[0,12]= ? Adj[0,13]= ? Adj[0,14]= ? Adj[0,15]= ? Adj[0,16]= ? Adj[0,17]= ? Adj[0,18]= ? Adj[0,19]= ? Adj[0,20]= ? Adj[0,21]= 688.0 Adj[0,22]= ? Adj[0,23]= ? Adj[0,24]= ? Adj[0,25]= ? Adj[0,26]= ? Adj[0,27]= ? Adj[0,28]= ? Adj[0,29]= ? Adj[0,30]= 223.0 Adj[0,31]= ? Adj[0,32]= ? Adj[0,33]= ? Adj[0,34]= 158.0 Adj[0,35]= ? Adj[0,36]= ? Adj[0,37]= ? Adj[0,38]= ? Adj[0,39]= ? Adj[0,40]= ? Adj[0,41]= ? Adj[0,42]= ? Adj[0,43]= 603.0 Adj[0,44]= ? Adj[0,45]= ? Adj[0,46]= ? Adj[0,47]= ? Adj[0,48]= ? Adj[0,49]= ?

Adj[48,0]= ? Adj[48,1]= ? Adj[48,2]= ? Adj[48,3]= ? Adj[48,4]= ? Adj[48,5]= ? Adj[48,6]= ? Adj[48,7]= ? Adj[48,8]= ? Adj[48,9]= ? Adj[48,10]= ? Adj[48,11]= ? Adj[48,12]= ? Adj[48,13]= ? Adj[48,14]= ? Adj[48,15]= ? Adj[48,16]= ? Adj[48,17]= ? Adj[48,18]= ? Adj[48,19]= ? Adj[48,20]= ? Adj[48,21]= ? Adj[48,22]= ? Adj[48,23]= ? Adj[48,24]= ? Adj[48,25]= ? Adj[48,26]= ? Adj[48,27]= ? Adj[48,28]= ? Adj[48,29]= ? Adj[48,30]= ? Adj[48,31]= ? Adj[48,32]= ? Adj[48,33]= ? Adj[48,34]= ? Adj[48,35]= ? Adj[48,36]= ? Adj[48,37]= ? Adj[48,38]= ? Adj[48,39]= ? Adj[48,40]= ? Adj[48,41]= ? Adj[48,42]= ? Adj[48,43]= ? Adj[48,44]= ? Adj[48,45]= ? Adj[48,46]= ? Adj[48,47]= ? Adj[48,48]= ? Adj[48,49]= ?
Adj[49,0]= ? Adj[49,1]= ? Adj[49,2]= ? Adj[49,3]= ? Adj[49,4]= ? Adj[49,5]= ? Adj[49,6]= ? Adj[49,7]= ? Adj[49,8]= ? Adj[49,9]= ? Adj[49,10]= ? Adj[49,11]= ? Adj[49,12]= ? Adj[49,13]= ? Adj[49,14]= ? Adj[49,15]= ? Adj[49,16]= 880.0 Adj[49,17]= ? Adj[49,18]= ? Adj[49,19]= ? Adj[49,20]= ? Adj[49,21]= ? Adj[49,22]= ? Adj[49,23]= ? Adj[49,24]= ? Adj[49,25]= ? Adj[49,26]= ? Adj[49,27]= ? Adj[49,28]= ? Adj[49,29]= ? Adj[49,30]= ? Adj[49,31]= ? Adj[49,32]= ? Adj[49,33]= ? Adj[49,34]= ? Adj[49,35]= ? Adj[49,36]= ? Adj[49,37]= ? Adj[49,38]= ? Adj[49,39]= ? Adj[49,40]= ? Adj[49,41]= ? Adj[49,42]= ? Adj[49,43]= ? Adj[49,44]= ? Adj[49,45]= ? Adj[49,46]= ? Adj[49,47]= ? Adj[49,48]= ? Adj[49,49]= ?

fim da impressao do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Albânia, 1: Alemanha, 2: Andorra, 3: Armênia, 4: Áustria, 5: Azerbaijão, 6: Bélgica, 7: Bielorrússia, 8: Bósnia-Herzegovina, 9: Bulgária, 10: Cazaquistão, 11: Chipre, 12: Croácia, 13: Dinamarca, 14: Eslováquia, 15: Eslovênia, 16: Espanha, 17: Estônia, 18: Finlândia, 19: França, 20: Geórgia, 21: Grécia, 22: Hungria, 23: Irlanda, 24: Itália, 25: Letônia, 26: Lituânia, 27: Liechtenstein, 28: Luxemburgo, 29: Macedônia, 30: Malta, 31: Moldávia, 32: Mônaco, 33: Montenegro, 34: Noruega, 35: Países, 36: Polónia, 37: Portugal, 38: Reino, 39: Romênia, 40: Rússia, 41: San, 42: Sérvia, 43: Suécia, 44: Suíça, 45: Tchêquia, 46: Turquia, 47: Ucrânia, 48: Vaticano, 49: Marrocos,
Classe: GrafoMatriz.TGrafoRotulado
```

Imagem 15 – Teste da opção 8 do menu: Mostrar o grafo.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexidade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 9
V: 2
A: 0

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ?
Adj[1,0]= ? Adj[1,1]= ?

fim da impressao do grafo.

Impressão dos nomes:
0: null, 1: null,
Conexidade do grafo: C0 - Não Conexo
```

Imagem 16 – Teste da opção 9 do menu: Mostrar a conexidade do grafo (grafo inicial).



UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
Faculdade de Computação e Informática
Prof. Dr. Ivan Carlos Alcântara de Oliveira
Teoria dos Grafos



```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexão do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 10

Insira a quantidade de países: 3

Insira o nome do 0º país: Portugal

Insira o nome do 1º país: Itália

Insira o nome do 2º país: Espanha

Itália -> Suíça -> França -> Espanha -> Portugal
Distância: 3338.0

V: 5
A: 4

Adj[0,0]= ? Adj[0,1]= ? Adj[0,2]= ? Adj[0,3]= ? Adj[0,4]= 865.0
Adj[1,0]= ? Adj[1,1]= ? Adj[1,2]= 1275.0 Adj[1,3]= ? Adj[1,4]= ?
Adj[2,0]= ? Adj[2,1]= ? Adj[2,2]= ? Adj[2,3]= 625.0 Adj[2,4]= ?
Adj[3,0]= ? Adj[3,1]= ? Adj[3,2]= ? Adj[3,3]= ? Adj[3,4]= ?
Adj[4,0]= ? Adj[4,1]= 573.0 Adj[4,2]= ? Adj[4,3]= ? Adj[4,4]= ?

fim da impressão do grafo.

Impressão dos nomes:
0: Itália, 1: França, 2: Espanha, 3: Portugal, 4: Suíça,
```

Imagem 17 – Teste da opção 10 do menu: Usuário deseja visitar as capitais de Portugal, Itália e Espanha. Assim, a aplicação fornece a rota mínima para visitar essas capitais, mas como Itália não faz fronteira com os outros dois, ele insere França e Suíça, para que seja possível.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexão do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 11

Insira o país inicial: Chipre

Percurso em profundidade: Chipre Turquia Armênia Azerbaijão Geórgia Rússia Bielorrússia Letônia Estônia Lituânia Polônia Alemanha Áustria Eslováquia Hungria Croácia Bósnia-Herzegovina Montenegro Albânia Grécia
Bulgária Macedônia Sérvia Romênia Moldávia Ucrânia Eslovênia Itália França Andorra Espanha Portugal Bélgica Luxemburgo Países Baixos Mônaco Reino Unido Irlanda Suíça Liechtenstein Malta San Marino Vaticano Tchêquia Dinamarca Suécia
Finlândia Noruega Cazaquistão
```

Imagem 18 – Teste da opção 11 do menu: Mostra um Roteiro de viagens visitando todos os países (exceto Islândia) a partir do Chipre, utilizando busca em profundidade.

```
Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexão do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 12

Insira o país inicial: Portugal

Percurso em largura: Portugal Espanha Andorra França Alemanha Bélgica Itália Luxemburgo Mônaco Reino Unido Suíça Áustria Dinamarca Países Baixos Polónia Tchêquia Eslovênia Malta San Marino Vaticano Irlanda Liechtenstein Eslováquia
Hungria Suécia Bielorrússia Lituânia Rússia Ucrânia Croácia Romênia Sérvia Finlândia Noruega Letônia Azerbaijão Cazaquistão Estônia Geórgia Moldávia Bósnia-Herzegovina Montenegro Bulgária Albânia Macedônia Armênia Turquia Grécia Chipre
```

Imagem 19 – Teste da opção 12 do menu: Mostra um Roteiro de viagens visitando todos os países (exceto Islândia) a partir de Portugal, utilizando busca em largura.



Roteiro de Viagens - Capitais Europeias de Carro			

1. Ler dados do arquivo			
2. Gravar dados no arquivo			
3. Inserir vértice			
4. Inserir aresta			
5. Remove vértice			
6. Remove aresta			
7. Mostrar conteúdo do arquivo			
8. Mostrar grafo			
9. Apresentar a conexidade do grafo			
10. Roteiro de viagem			
11. Busca em profundidade			
12. Busca em largura			
13. Caminho mínimo dijkstra			
14. Encerrar a aplicação			
Insira uma opção: 13			
Insira o país inicial: Alemanha			
Vértice	Distância da Origem	Rota	
Albânia	1853.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 34 -> 0	
Alemanha	0.0	1	
Andorra	1910.0	1 -> 19 -> 2	
Armênia	4025.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 9 -> 47 -> 3	
Áustria	641.0	1 -> 4	
Azerbaijão	4026.0	1 -> 37 -> 41 -> 5	
Bélgica	754.0	1 -> 6	
Bielorrússia	1130.0	1 -> 37 -> 7	
Bósnia-Herzegovina	1548.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 8	
Bulgária	1639.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 9	
Cazaquistão	4676.0	1 -> 37 -> 41 -> 10	
Chipre	3384.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 9 -> 47 -> 11	
Croácia	1157.0	1 -> 4 -> 15 -> 12	
Dinamarca	435.0	1 -> 13	
Eslováquia	677.0	1 -> 46 -> 14	
Eslovênia	1019.0	1 -> 4 -> 15	
Espanha	2325.0	1 -> 19 -> 16	
Estônia	1667.0	1 -> 37 -> 27 -> 26 -> 17	
Finlândia	1533.0	1 -> 13 -> 44 -> 18	
França	1050.0	1 -> 19	
Geórgia	3804.0	1 -> 37 -> 41 -> 20	
Grécia	2378.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 30 -> 21	
Hungria	871.0	1 -> 46 -> 14 -> 22	
Irlanda	2091.0	1 -> 19 -> 39 -> 23	
Islândia	null	24	
Itália	1722.0	1 -> 4 -> 25	
Letônia	1359.0	1 -> 37 -> 27 -> 26	
Lituânia	1082.0	1 -> 37 -> 27	
Liechtenstein	1174.0	1 -> 45 -> 28	
Luxemburgo	763.0	1 -> 29	
Macedônia	1680.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 30	
Malta	2767.0	1 -> 4 -> 25 -> 31	
Moldávia	1970.0	1 -> 37 -> 48 -> 32	
Mônaco	2031.0	1 -> 19 -> 33	
Montenegro	1696.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 34	
Noruega	1578.0	1 -> 13 -> 44 -> 35	
Países	659.0	1 -> 36	
Polônia	575.0	1 -> 37	
Portugal	2950.0	1 -> 19 -> 16 -> 38	
Reino	1518.0	1 -> 19 -> 39	
Romênia	1705.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 40	
Rússia	1841.0	1 -> 37 -> 41	
San	2039.0	1 -> 4 -> 25 -> 42	
Sérvia	1248.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43	
Suécia	1050.0	1 -> 13 -> 44	
Suíça	955.0	1 -> 45	
Tchéquia	349.0	1 -> 46	
Turquia	2634.0	1 -> 46 -> 14 -> 22 -> 43 -> 9 -> 47	
Ucrânia	1391.0	1 -> 37 -> 48	
Vaticano	1726.0	1 -> 4 -> 25 -> 49	

Imagem 20 – Teste da opção 13 do menu: Mostra o caminho mínimo para chegar em todos os países partindo da Alemanha



Roteiro de Viagens – Capitais Europeias de Carro

1. Ler dados do arquivo
2. Gravar dados no arquivo
3. Inserir vértice
4. Inserir aresta
5. Remove vértice
6. Remove aresta
7. Mostrar conteúdo do arquivo
8. Mostrar grafo
9. Apresentar a conexidade do grafo
10. Roteiro de viagem
11. Busca em profundidade
12. Busca em largura
13. Caminho mínimo dijkstra
14. Encerrar a aplicação

Insira uma opção: 14
Pressione qualquer tecla para continuar. . . |

Imagem 21 – Teste da opção 14 do menu: Encerrando a aplicação.

6. Link do GitHub e do Vídeo no YouTube

Para acessar o repositório do trabalho no Git Hub: [Clique Aqui](#)

Para assistir o vídeo da aplicação: [Clique Aqui](#)