



Sistema de gestão de tráfego aéreo

António Pereira – up202205501

Pedro Marinho – up202206854

Sérgio Nossa - up202206856

Classes criadas



- Airline(string code, string name, string callSign, string country)
- Airport(string code, string name, City* city, double latitude, double longitude)
- City(const string& name, const string& country, vector<string> airports_)
- Coordinate(double latitude, double longitude)
- Country(const string& name, const string& city)
- Data(int nf = 0, unordered_map <string, Airline*> airlines_, unordered_map <string, City*> cities_, unordered_map <string, Airport*> airports_, unordered_map <string, Country*> countries_, unordered_map<string,unordered_set<string>> airport_airlines, unordered_map<string,int> airline_flights, Graph<string>* flightG, vector<pair<string, Coordinate>> airportCoord_)
- Menu(Data data)

Leitura dos dados



No construtor de Data são chamadas as funções:

- `read_airlines()` – lê os dados do ficheiro `airlines.csv` e popula as estruturas de dados relevantes.
- `read_airports()` – lê os dados do ficheiro `airports.csv` e popula as estruturas de dados relevantes.
- `read_flights()` – lê os dados do ficheiro `flights.csv` e popula as estruturas de dados relevantes.

```
Code,Name,Callsign,Country
IBE,Iberia Airlines,IBERIA,Spain
KLM,KLM Royal Dutch Airlines,KLM,Netherlands
SWR,Swiss International Air Lines,SWISS,Switzerland
AAL,American Airlines,AMERICAN,United States
```

```
Code,Name,City,Country,Latitude,Longitude
CDG,Charles De Gaulle,Paris,France,49.012779,2.550000
ORY,Orly,Paris,France,48.725278,2.359444
LGA,La Guardia,New York,United States,40.777245,-73.872608
JFK,John F Kennedy Intl,New York,United States,40.639751,-73.778925
```

```
Source,Target,Airline
CDG,JFK,AAL
JFK,CDG,AAL
ORY,LHR,IBE
ORY,LHR,BAW
```

Grafo utilizado para representar o dataset



O conjunto de dados é representado utilizando uma estrutura de dados de grafo, mais especificamente um grafo direcionado. O grafo é composto por vértices e arestas, onde cada vértice representa um aeroporto e cada aresta representa uma ligação de voo entre dois aeroportos. O grafo é implementado utilizando uma representação de lista de adjacência, onde cada vértice mantém uma lista de vértices adjacentes (aeroportos aos quais tem voos diretos). Adicionalmente, cada aresta armazena informações como companhia aérea que opera o voo.

```
class Graph {  
    unordered_map<string, Vertex<T>*> vertexSet;  
    int _index_; // auxil  
    stack<Vertex<T>> _stack_; // auxil  
    list<list<T>> _list_sccs_; // auxilia
```

Componentes Principais:

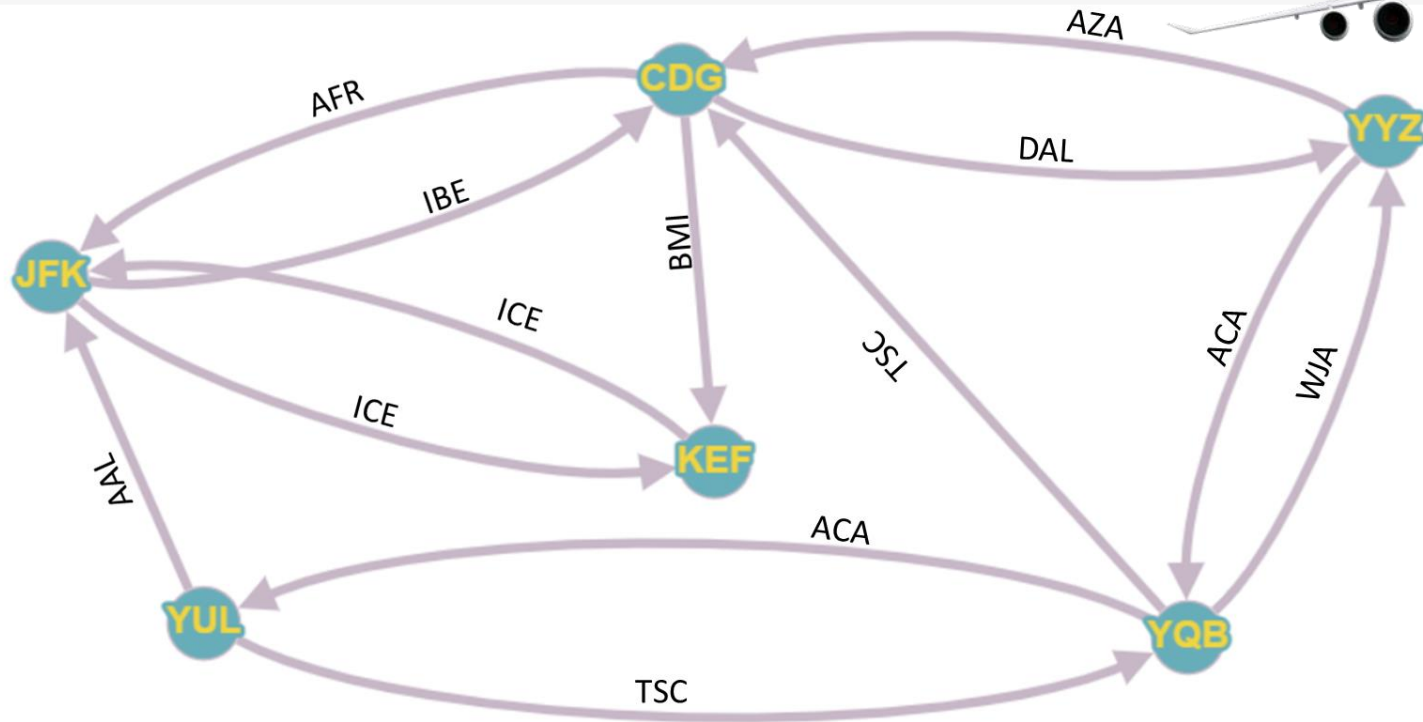
Vértices (Aeroportos): Cada aeroporto no conjunto de dados é representado como um vértice no grafo. Os vértices armazenam informações sobre o aeroporto, como o seu código, nome, cidade, país e coordenadas geográficas.

```
class Vertex {  
    T info;  
    vector<Edge<T>> edges;  
    bool visited;  
    bool processing;  
    int indegree;  
    int num;  
    int low;
```

Arestas (Voos): As arestas conectam pares de aeroportos, indicando a existência de um voo direto entre eles. Cada aresta contém informações sobre a companhia aérea que opera o voo.

```
class Edge {  
    Vertex<T> * dest;  
    double weight;  
    string airline; //
```

Grafo utilizado para representar o dataset



Funcionalidades implementadas



- Verificar o número total de voos disponíveis e aeroportos
- Verificar o quantos voos saem de um determinado aeroporto e descobrir o número de companhias aéreas envolvidas
- Verificar o número de voos por cidade
- Verificar o número de voos por companhia aérea
- Verificar o número de destinos alcançáveis a partir de um aeroporto
- Verificar o número de destinos alcançáveis a partir de um aeroporto com X paragens

Funcionalidades implementadas



- Verificar a maior viagem e o(s) par(es) dos aeroportos correspondentes
- Verificar o aeroporto com maior capacidade de tráfego aéreo
- Verificar os aeroportos essenciais

Listar a melhor opção de voo:

O local de partida e destino podem ser selecionados por:

- Código de aeroporto
- Nome de aeroporto
- Cidade
- Coordenadas geográficas

Podem ser inseridas quais as companhias aéreas em que pretende viajar, e a possibilidade de minimizar o número de companhias utilizadas.

Algoritmos utilizados



DFS

Time complexity:
 $O(V+E)$

Space complexity:
 $O(V)$

BFS

Time complexity:
 $O(V+E)$

Space complexity:
 $O(V)$

Tarjan's

Time complexity:
 $O(V+E)$

Space complexity:
 $O(V)$

V – aeroportos(vértices)
E – voos(arestas(edges))

Interface com o utilizador



Menu Principal:

O programa inicia com um menu principal apresentando opções numeradas. As opções incluem "Listar Estatísticas de Rede" (opção 1), "Listar Melhores Opções de Voos" (opção 2) e "Sair" (opção 0).

```
1. List network statistics
2. List best flight options
0. Exit
Enter your option:|
```

Listar Estatísticas de Rede:

Ao selecionar a opção 1, o utilizador é apresentado a um submenu com várias estatísticas de rede, como número de voos, aeroportos globais, etc.

O utilizador pode navegar pelas diferentes estatísticas e optar por retornar ao menu principal.

Listar Melhores Opções de Voos:

Ao selecionar a opção 2, o utilizador é solicitado a inserir detalhes, como local de partida, destino, e número máximo de companhias aéreas permitidas. A entrada do utilizador é validada, e as melhores opções de voos são exibidas com base nos critérios fornecidos.

A opção "Sair" (opção 0) permite que o utilizador encerre a aplicação.

```
Enter a starting location:
Indicate location by:
1. Airport code
2. Airport name
3. City name
4. Geographical coordinates
0.Go back
Enter your answer:
```

Interface com o utilizador



Um breve exemplo do funcionamento da aplicação para verificar o quantos voos saem de um determinado aeroporto e descobrir o número de companhias aéreas envolvidas:

```
1. List network statistics
2. List best flight options
0. Exit
Enter your option:1
1. Check the number of flights available and global airports
2. Check how many flights are leaving from a specific airport and find out the number of different airlines involved
3. Check number of flights per city/airline
4. Check number of different countries that are reachable from an airport/city
5. Check number of destinations reachable from an airport
6. Check number of reachable destinations from an airport with a maximum of X stops
7. Check maximum trip and the pair(s) of the corresponding airports
8. Check the top-k airport with the greatest air traffic capacity
9. Check the essential airports
0. Back to main menu
```

```
Enter your option:2
```

```
Airport code:JFK
```

```
/*****/
```

```
Number of flights out from airport John F Kennedy Intl is 454
```

```
Number of unique airlines are 72
```

```
/*****/
```

Interface com o utilizador



Número de K aeroportos que têm o maior tráfego aéreo(entrada e saída de voos):

```
1. Check the number of flights available and global airports
2. Check how many flights are leaving from a specific airport and find out the number of different airlines involved
3. Check number of flights per city/airline
4. Check number of different countries that are reachable from an airport/city
5. Check number of destinations reachable from an airport
6. Check number of reachable destinations from an airport with a maximum of X stops
7. Check maximum trip and the pair(s) of the corresponding airports
8. Check the top-k airport with the greatest air traffic capacity
9. Check the essential airports
0. Back to main menu
Enter your option:8
```

```
Enter k:10
```

```
The top 10 airports with the greatest air traffic capacity are:
```

```
Airport: ATL Flights: 1814
Airport: ORD Flights: 1104
Airport: PEK Flights: 1051
Airport: LHR Flights: 1047
Airport: CDG Flights: 1029
Airport: LAX Flights: 988
Airport: FRA Flights: 984
Airport: DFW Flights: 936
Airport: JFK Flights: 907
Airport: AMS Flights: 895
```

Interface com o utilizador



Par(es) de aeroportos com o número máximo de paragens(Source->Final Destiny):

```
Enter your option:7
/*****/
Maximum number of stops is 12
The pair(s) of the corresponding airports are:
Confresa Airport -> Hopedale Airport
Confresa Airport -> Stony River 2 Airport
La Tabatiere Airport -> Thule Air Base
La Tabatiere Airport -> Stony River 2 Airport
Thule Air Base -> Stony River 2 Airport
Thule Air Base -> Hopedale Airport
Thule Air Base -> La Tabatiere Airport
Thule Air Base -> Lourdes De Blanc Sablon Airport
Birdsville Airport -> Hopedale Airport
Portland Airport -> Hopedale Airport
Thargomindah Airport -> Hopedale Airport
Lourdes De Blanc Sablon Airport -> Thule Air Base
Lourdes De Blanc Sablon Airport -> Stony River 2 Airport
Hopedale Airport -> Campo Alegre Airport
Hopedale Airport -> Birdsville Airport
Hopedale Airport -> Thargomindah Airport
Hopedale Airport -> Thule Air Base
Hopedale Airport -> Stony River 2 Airport
/*****/
```

Aeroportos essenciais para a conexão da rede aérea:

```
Enter your option:9
Number of essential airports: 308
With them being:
Gaspé - St Augustin Airport - Chevery Airport - Natashquan - Sept Îles - Toamasina - Mbandaka - Mwanza - Sud Corse - Eilat - JAGS McCartney International Airport - Lajes - Kugluktuk - Norman Wells - Yellowknife - Marcos A Gelabert Intl - Tres De Mayo - Olaya Herrera - Gustavo Rojas Pinilla - Alfonso Bonilla Aragón Intl - Mactán Cebu Intl - Zamboanga Intl - Marudi - Wallis - Nusatupe Airport - Munda Airport - Honiara International - Tanna Island - Santo Pekoa International Airport - Port Vila Bauerfield - Takarua - Faa'a International - Adelaide Intl - Christmas Island - Perth Intl - Hang Nadim - Bali Ngurah Rai - Maningrida Airport - Darwin Intl - Cunnamulla Airport - St George Airport - Toowoomba - Julia Creek Airport - Mount Isa - Xining Caojiabu Airport - Hongqiao Intl - Shuangliu - Myitkyina - Wujia - Tianhe - Subang-Sult - Abdul Aziz Shah Intl - Sepinggan - Soekarno Hatta Intl - Sam Ratulangi - Jefman - Pattimura - Sentani - Hasanuddin - Lawas Airport - Miri - Kuching Intl - Kota Kinabalu Intl - Diwopu - Hyderabad - Cochin - Zia Intl - Koggala Airport - Sigiriya Airport - Bandaranaika Intl Colombo - Bangalore - Netaji Subhash Chandra Bose Intl - Yangon Intl - Noi Bai Intl - Don Muang Intl - Tansonnhat Intl - Wattay Intl - Baiyun Intl - Beijing Nanyuan Airport - Bayankhongor Airport - Chinggis Khaan Intl - Khomutovo - Boryspil Intl - Aktau - Yakutsk - Koltsovo - Launceston - Melbourne Intl - Deputado Luis Eduardo Magalhães - Plácido de Castro - Tefe - Santarém - Eduardo Gomes Intl - Nantucket Mem - Billings Logan International Airport - Charlotte County-Punta Gorda Airport - Orlando Sanford Intl - Lambert St Louis Intl - Albany Intl - Albuquerque International Sunport - Philadelphia Intl - Nashville Intl - Charlotte Douglas Intl - General Manuel Carlos Piar - Grantley Adams Intl - Washington Dulles Intl - Detroit Metro Wayne Co - King Salmon - Craig Seaplane Base - Ketchikan Intl - Juneau Intl - Aniak Airport - Quinhagak Airport - Tululsak Airport - Bethel - Nome - Ralph Wien Mem - Fairbanks Intl - Venetie Airport - Fort Yukon - Wiley Post Will Rogers Mem - Cold Bay - Ted Stevens Anchorage Intl - Pierre Regional Airport - Minneapolis St Paul Intl - Grand Forks Intl - Mc Carran Intl - Portland Intl - Salt Lake City Intl - Cleveland Hopkins Intl - Trenton Mercer - Kansas City Intl - Kahului - Honolulu Intl - Brisbane Intl - Wellington Intl - Christchurch
```

Dificuldades encontradas



Gerir o tempo de uma forma que possamos aproveitar as férias de natal foi um desafio visto que para além deste projeto ainda temos os exames a caminho.

Em nosso ponto de vista as questões 3.7 e 3.9 foram um obstáculo significativo que requereram uma pausa reflexiva, consumindo bastante tempo no processo.

Em termos de otimização e tratamentos de erro de input tivemos especial atenção e cuidado para que o código corre-se sem problemas e fosse rápido. No entanto houve uma função mais custosa em termos de complexidade que tivemos problemas em otimizar, sendo esta o ponto 3.7.

`7. Check maximum trip and the pair(s) of the corresponding airports`

É utilizada uma BFS personalizada para cada vértice, levando à complexidade temporal $O(V*(V+E))$ sendo V o número de vértices e E o número de arestas.

Destaque de funcionalidades



No decorrer do projeto, um dos aspetos mais desafiadores e, ao mesmo tempo, gratificantes, foi a implementação da função "bestFlightOption". Esta parte específica destacou-se pela sua complexidade, principalmente devido à diversidade de inputs exigidos do utilizador.

Enfrentamos o desafio não apenas de lidar com essa variedade, mas também de desenvolver um algoritmo especializado que incorporasse tanto a busca em largura (BFS) como a busca em profundidade (DFS).

O contexto único do nosso sistema de gestão do tráfego aéreo trouxe uma dimensão adicional à dificuldade, tornando imperativa uma abordagem técnica e adaptável. A necessidade de encontrar uma solução eficiente, capaz de se adaptar às nuances do ambiente aéreo, acrescentou uma camada significativa ao desafio.

Por fim achamos que o trabalho teve uma divisão justa, tendo cada elemento do trabalho investido uma atenção e cuidado semelhante.

Fim!

