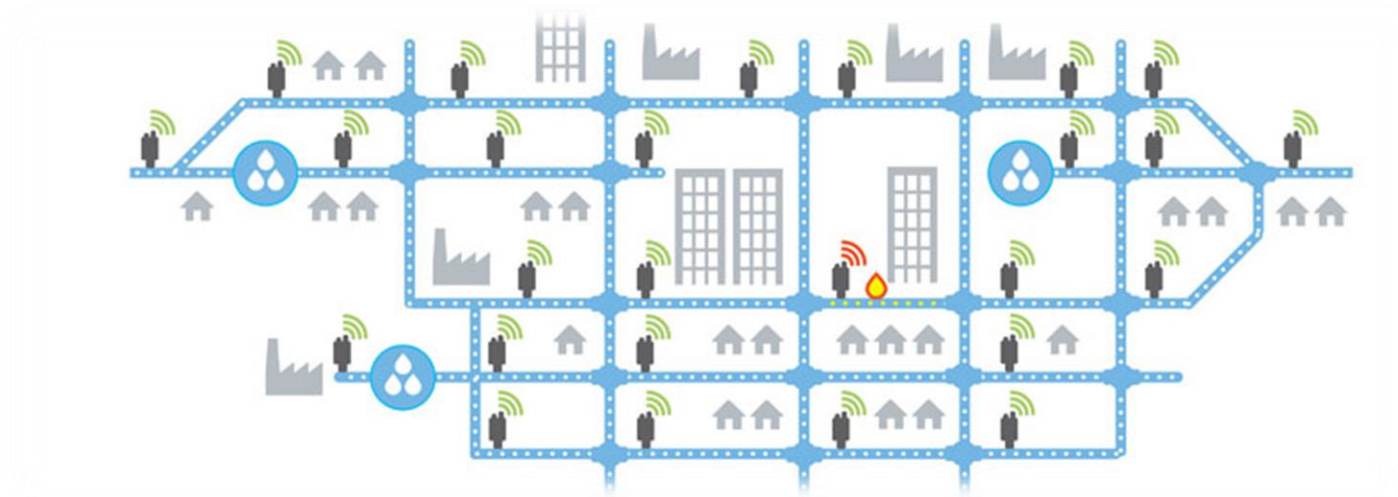


# Desenho de Algoritmos

## Projeto Nº 1

*Uma ferramenta de análise para gestão do abastecimento de água*



Trabalho Realizado por:

202206636 - Gonçalo Sampaio // 202207073 - Tiago Daniel // 202207835 - João Proença

# Classes Utilizadas

**City:** Representa uma Cidade

- Nome (*string*)
- ID (*int*)
- Código (*string*)
- Demanda (*double*)
- População (*int*)

**Graph:** Representa um grafo (que representará a rede de águas)

- Classe fornecida nas aulas teórico-práticas

**Reservoir:** Representa uma Reserva

- Nome (*string*)
- Município (*string*)
- ID (*int*)
- Código (*string*)
- Máxima Entrega (*int*)

**Menu:** Representa o Menu (e as suas diferentes partes) utilizado para fácil navegação do programa e consulta de estatísticas

**Stations:** Representa uma Estação

- ID (*int*)
- Código (*string*)

**WManager:** Classe utilizada para manipular e alterar o grafo representativo da rede de águas quando pretendido e para fazer os cálculos necessários no mesmo.

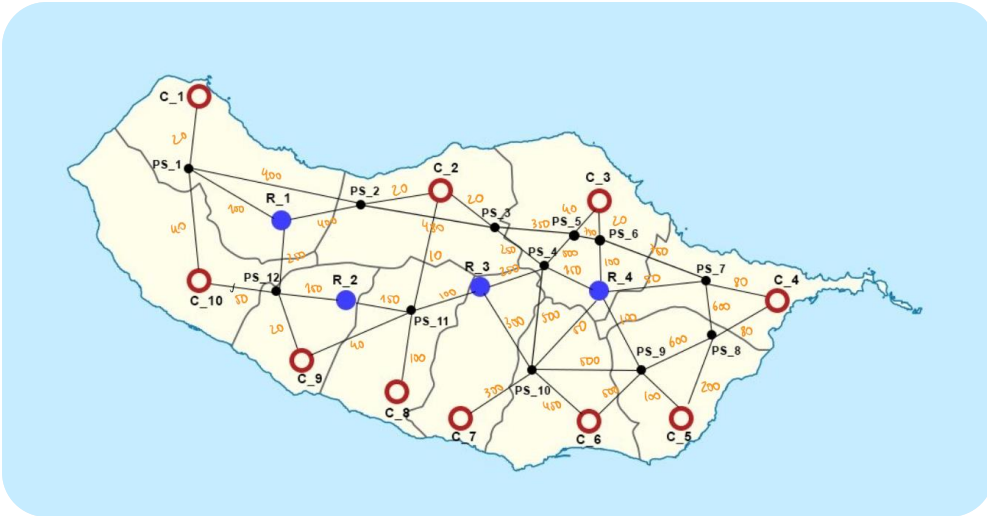
# Parser: Leitura dos *Data Sets*

A criação das classes necessárias para a criação desta rede de águas e a própria criação desta mesma rede é feita através da leitura dos ficheiros fornecidos:

- Os .csv's **Cities**, **Stations** e **Reservoirs** representam respetivamente as **idades**, as **estações** e as **reservas**.
- O ficheiro *Pipes.csv* permite-nos a criação das *Edges* do grafo, representam as ligações entre os 3 elementos anteriores

**Small Data Set:** Rede de águas da ilha da Madeira

**Large Data Set:** Rede de águas de Portugal continental



# Como representamos esta rede?

- Consideramos pertinente criar um grafo capaz de conter nos seus **vértices todos os tipos** fornecidos no *Data Set*.
- O tipo **Pipes**, permitiu-nos criar as **Edges** que unem os diferentes pontos nesta rede de águas.
- Decidimos assim considerar os **Vértices** como sendo as **strings** dos **códigos que representam cada elemento** seja este uma cidade, uma reserva ou uma estação.
- Criamos também **Hash Maps** que nos permitem, agora sim, aceder aos **próprios elementos dos tipos das classes City, Reservoir ou Station** e aos **valores dos seus parâmetros**.
- Resumidamente, o grafo apenas tem como informação as **strings dos códigos**, as outras informações fornecidas encontram-se **noutras estruturas de dados** que contêm **toda a informação** sobre cada elemento do grafo.



# Algoritmos Utilizados:

Consideramos que a principal funcionalidade no nosso projeto é o cálculo do **Max Flow**. Decidimos utilizar o algoritmo de **Edmonds-Karp** para chegarmos aos valores pretendidos:

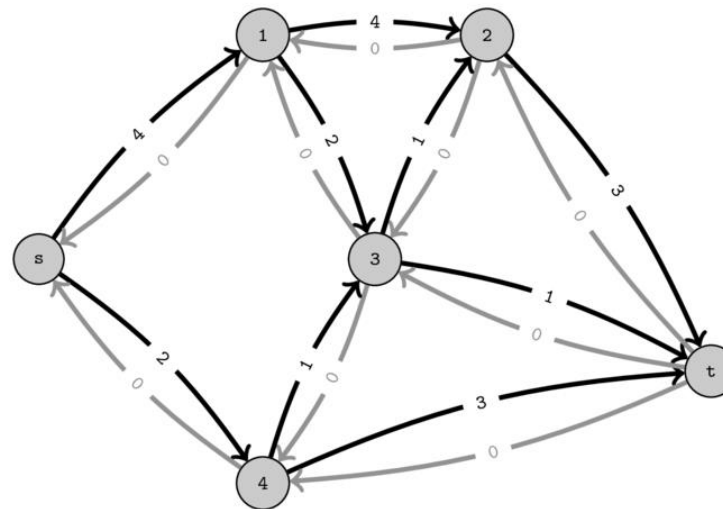
1. **Inicializar o *flow* na rede de águas:** atribuição de o **valor nulo** para o flow de **cada *Edge*** do grafo;
2. **Identificar a *source* e a *sink*:** escolher o vértice onde o ***flow*** será **originado** e o vértice onde queremos que o ***flow*** termine;
3. **Escolher o *Augmenting Path*:** através de uma *Breadth-First-Search* encontramos o **menor caminho possível** entre a ***source*** e a ***sink*** (com menor número de ***Edges***);
4. **Determinar a menor capacidade:** a menor capacidade residual encontrada representará o ***max flow***;
5. **Atualização do *flow*:** aumentar o ***flow*** ao longo do caminho pela **capacidade mínima** (ponto 4), atualizar os valores do ***flow*** em cada ***Edge***;
6. **Atualizar o grafo residual:** após o passo 5, **atualizamos o grafo residual**, **subtraindo o *flow*** das edges com sentido **positivo** (em direção à ***sink***) e **adicionando o *flow*** às edges com sentido **negativo**;

# Algoritmos Utilizados:

7. Repetir os passos (3- > 6): continuar a procurar *augmenting paths*, atualizar o *flow* até ser impossível criar mais *augmenting paths*.
8. Calcular o *Max Flow*: Somar os *flows* que saem da *source*, ou que chegam à *sink* para determinar o *maxflow*;

Complexidade Temporal:  $O(VE^2)$

Complexidade Espacial:  $O(E+V)$



# Algoritmos Utilizados:

As funções de remoção de partes do grafo, sejam estas partes, vértices (estações, reservatórios e cidades) ou *edges* (*pipes*), utilizam o algoritmo explicado anteriormente.

Para além disso removemos temporariamente as partes que devemos remover, calculamos o *max flow* após essa alteração (ou essas alterações) e comparamos com o valor original (anterior às alterações).

No final de todos esses cálculos voltamos a adicionar ao grafo todas as componentes que foram removidas.

## Complexidades:

1. Função que remove uma cidade (*removePipesCities*):  $O(V + E)$
2. Função que remove uma reserva (*removeReservoir*):  $O(V + E)$
3. Função que remove uma *Pipe* (*removePipe*):  $O(V + E)$



# Menu

Criamos um Menu intuitivo e simples que permite ao utilizador, através de *inputs* do seu teclado, aceder aos diferentes tipos de informações que nos foram pedidas no projeto, começando por seleccionar primeiro qual o *Data Set* que pretende ser estudado.

## Exemplos de Utilização:

```
-----
|Welcome to the Water Management System |
|Select a parsing option                 |
|1. SmallDataSet                       |
|2. LargeDataSet                       |
|3. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 2
-----
|Welcome to the Water Management System |
|Please select an option                 |
|1. Basic Service Metrics               |
|2. Reliability and Sensitivity to Failures |
|3. Parse Type                         |
|4. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 1
-----
|Please select an option                 |
|1. Max Flow for one city               |
|2. Max Flow for all cities             |
|3. Cities with not enough max flow    |
|4. Total Max Flow                     |
|5. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 1
Please enter the city name
Porto
C_17 , Porto : 5650 m3/s
```

```
-----
|Welcome to the Water Management System |
|Please select an option                 |
|1. Basic Service Metrics               |
|2. Reliability and Sensitivity to Failures |
|3. Parse Type                         |
|4. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 2
-----
|Please select an option                 |
|1. Reservoir Out                      |
|2. Pumping Station Out                |
|3. Pipeline Out                       |
|4. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 3
-----
|1-City                                |
|2-Pipeline                            |
|3-Back                                |
|-----|
Choose an option: 2
removing the pipeline from src: R_3 to dest: PS_14 will result in a deficit of 12m3/s in the city Bragança,C_5
removing the pipeline from src: R_3 to dest: PS_15 will result in a deficit of 12m3/s in the city Bragança,C_5
removing the pipeline from src: R_3 to dest: PS_15 will result in a deficit of 11m3/s in the city Vila real,C_21
removing the pipeline from src: R_4 to dest: PS_12 will result in a deficit of 12m3/s in the city Bragança,C_5
removing the pipeline from src: R_4 to dest: PS_12 will result in a deficit of 11m3/s in the city Vila real,C_21
removing the pipeline from src: R_4 to dest: PS_7 will result in a deficit of 12m3/s in the city Bragança,C_5
removing the pipeline from src: R_4 to dest: PS_7 will result in a deficit of 11m3/s in the city Vila real,C_21
```

```
-----
|Please select an option                 |
|1. Max Flow for one city               |
|2. Max Flow for all cities             |
|3. Cities with not enough max flow    |
|4. Total Max Flow                     |
|5. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 3
C_3 , Beja needs 160 m3/s and only has 110 m3/s
C_21 , Vila real needs 161 m3/s and only has 135 m3/s
C_22 , Viseu needs 397 m3/s and only has 330 m3/s
C_10 , Évora needs 313 m3/s and only has 220 m3/s
C_8 , Covilhã needs 122 m3/s and only has 100 m3/s
C_5 , Bragança needs 152 m3/s and only has 130 m3/s
C_17 , Porto needs 6324 m3/s and only has 5650 m3/s
-----
|Please select an option                 |
|1. Max Flow for one city               |
|2. Max Flow for all cities             |
|3. Cities with not enough max flow    |
|4. Total Max Flow                     |
|5. Exit                               |
|-----|
Choose an option: 4
The total max flow is: 24271 m3/s!
```



# Conclusão

A maior dificuldade encontrada no nosso projeto foi encontrar uma forma de fazer com que o grafo voltasse ao seu estado inicial após a remoção das suas *edges*, mas conseguimos encontrar uma solução válida para este problema.

Partes do projeto que devemos destacar:

- Elaboração de um sistema de leitura e criação da rede de águas eficiente;
- Organização da estrutura de dados que escolhemos usar (simplificação do grafo usando apenas as *strings* dos códigos)
- Cálculo do *max flow* eficiente;

A nível de participação, consideramos que cada membro do grupo contribuiu o suficiente para a elaboração e conclusão deste projeto. O grupo mostrou-se unido e procurou ajuda mútua sempre que necessário. Consideramos que todos contribuímos igualmente para a conclusão do projeto.