Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



*Bike Sharing* – Sistema de Partilha de Bicicletas



**Conceção e Análise de Algoritmos – ??????**

**Elementos do Grupo:**

André Filipe Pinto Esteves up2016????@fe.up.pt

Francisco Manuel Canelas Filipe up201604601@fe.up.pt

Pedro Miguel Sousa Fernandes [up201603846@fe.up.pt](mailto:up201603846@fe.up.pt)

???? de abril de 2018

Índice

[1. Tema do trabalho](#_gjdgxs) 3

[2. Identificação e Formalização do Problema](#_30j0zll) 4

[3. Solução Implementada](#_2et92p0) 5

[3.1. Leitura dos Dados](#_tyjcwt) 5

[3.2. Gerar a elevação de acordo com as coordenadas fornecidas](#_1t3h5sf) 5

[3.3. Peso das arestas do Grafo](#_3dy6vkm) 6

[3.3.1. Distância entre dois Nós](#_f87cb4iz92dd) 6

[3.3.2. Velocidade média entre dois Nós](#_m2pqokrjf6ro) 7

[3.4. Encontrar a melhor Solução](#_mqvwy5wxp8t) 8

[3.4.1. Análise de Correção da Solução](#_b7sz1nkvahci) 8

[3.4.2. Análise da Complexidade da Solução](#_g84ayxyqrw3s) 8

[3.5. Balancear os Pontos de Recolha](#_dhii944lkak5) 9

[3.6. Preparar os dados para o GraphViewer](#_mhvpd6yun0s) 9

[Diagrama de classes UML](#_2s8eyo1) 10

[Utilização do Programa e suas funcionalidades](#_wn6oeqrhrhse) 12

[Principais dificuldades](#_fc7hx0xl2paz) 14

[Distribuição do Trabalho](#_qtpew4j4q2x3) 15

[Conclusão](#_3rdcrjn)16

# 1. Tema do trabalho

No âmbito da unidade curricular de Conceção e Análise de Algoritmos foi-nos proposto como tema de trabalho : Bike Sharing – Sistema de Partilha de Bicicletas. Este sistema consiste em pontos espalhados na cidade, onde um número de bicicletas estão disponíveis para aluguer. Após indicação de um número de cartão de crédito, ou outra forma de pagamento eletrónico, o utente pode retirar uma bicicleta, utilizá-la, e devolvê-la em qualquer outro ponto de partilha disponível, onde há vaga disponível.

Este trabalho centrou-se principalmente na implementação de um sistema de gestão que auxilia o utente a identificar o ponto de partilha mais próximo de onde se encontra, com lugar disponível para a devolução da bicicleta. A escolha do ponto de retorno deverá também ter em consideração, para além da distância, a topografia (elevação) das ruas. Para evitar que lugares mais elevados, ou mais afastados na cidade fiquem sem bicicletas, elaborámos também um sistema de incentivos oferece descontos aos utentes que optarem por realizar a devolução em tais sítios.

Avaliámos ainda a conectividade do grafo, a fim de evitar que locais de pontos de partilha se encontrassem em zonas inacessíveis, considerando que as bicicletas circulam nas ruas e também o efeito da circulação ter de obedecer o sentido das vias, e as situações onde as bicicletas podem circular em qualquer sentido.

# 2. Identificação e Formalização do Problema

De modo a simplificar o problema inicial, optámos por uma abordagem de subdivisão de problemas. Desta forma fomos dividindo um problema complexo em vários mais simples de uma forma sucessiva até estes se tornarem elementares.

## 2.1. Problemas Encontrados

* Leitura dos dados provenientes do Open Street Maps.
* Gerar a elevação de acordo com as coordenadas fornecidas.
* Peso das arestas do grafo.
* Reconhecer que este problema deriva diretamente de um problema já conhecido e deduzir a melhor solução.
* Implementação de um algoritmo de forma a balancear o grafo (evitar que lugares mais elevados, ou mais afastados na cidade fiquem sem bicicletas).
* Conversão dos dados de modo a possibilitar a utilização do GraphViewer.

Formalizamos agora o problema, de acordo com aquela que achamos ser a melhor forma para resolver aquilo a que nos propusemos.

## 2.2. Formalização do Problema

Input

G<V , E>,

V : Pontos das ruas.

E : ligações entre pontos (distância entre estes);

P0 : ponto inicial

Pi , I=1...n

Pf : ponto final

Output

Caminho= { Vi }, I= 1 … n

Valor

Objetivo

Min (valor);

valor = 𝑓(x)= Ʃ(Eij) ni=1

ij ∈ Caminho

# 3. Solução Implementada

## 3.1. Leitura dos Dados

Para esta parte do projeto foi-nos fornecido um parser pelos docentes da Unidade Curricular que partia de um ficheiro do OpenStreetMaps e convertia essa informação para ficheiros de texto, facilitando assim a extração da informação destes ficheiros para o nosso programa. No entanto tendo em conta que o nosso tema utiliza uma outra variável, a elevação, foi necessário alterar os ficheiros gerados pelo parser de modo a satisfazer as nossas necessidades.

Desta forma, a solução que encontrámos foi a de criar um parser que utilizasse o ficheiro dos nós gerado pelo parser fornecido e adicionasse mais informação. A informação adicionada ao final de cada linha era um inteiro referente à elevação e um booleano que indicava se esse nó era um ponto de recolha de bicicletas ou não.

## 3.2. Gerar a elevação de acordo com as coordenadas fornecidas

Esta era uma parte muito importante do nosso trabalho uma vez que a elevação era um dos fatores que contribuia para o peso de cada aresta. Assim, achámos por bem que seria mais interessante a utilização de valores reais de elevação.

Após alguma pesquisa encontrámos uma API da Google que pegava nas coordenadas geográficas (latitude e longitude) e gerava os valores de elevação correspondentes a esse local.

## 

## 

## 

## 

## 

## 

## 

## 3.3. Peso das arestas do Grafo

Ao contrário da maioria dos outros temas, no nosso tema, para além de termos de considerar a distância como fator relevante para o peso de cada aresta, é ainda necessário ter em conta a elevação de cada local. Desta forma decidimos considerar o tempo como fator que influencia o peso das arestas do grafo. No cálculo deste peso tentámos ao máximo ser coerentes possíveis de modo a que os nossos pesos se aproximassem da realidade.

Através da fórmula que nos dá a velocidade média é possível obter o tempo médio que um utente deverá demorar entre cada aresta.

Assim, tendo conhecimento da distância e da velocidade média conseguimos obter o tempo médio de travessia entre dois nós consecutivos.

### 3.3.1. Distância entre dois Nós

Para o cálculo deste parâmetro tivemos de ter em conta a diferença de elevação entre os dois nós assim como a distância entre estes excluindo a elevação. O seguinte desenho tenta ilustrar o nosso raciocínio:

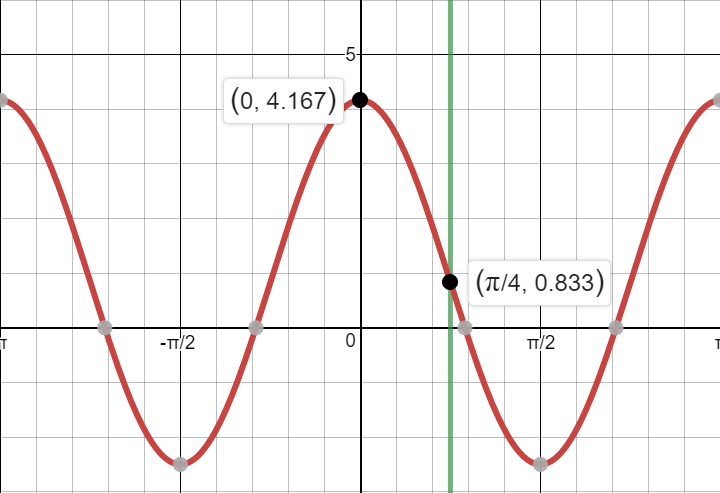


Assim, através do teorema de pitágoras é possível calcular a distância entre dois nós consecutivos tendo em conta a elevação. Obtendo a distância, falta agora saber a velocidade para poder calcular o tempo médio entre nós consecutivos.

### 3.3.2. Velocidade média entre dois Nós

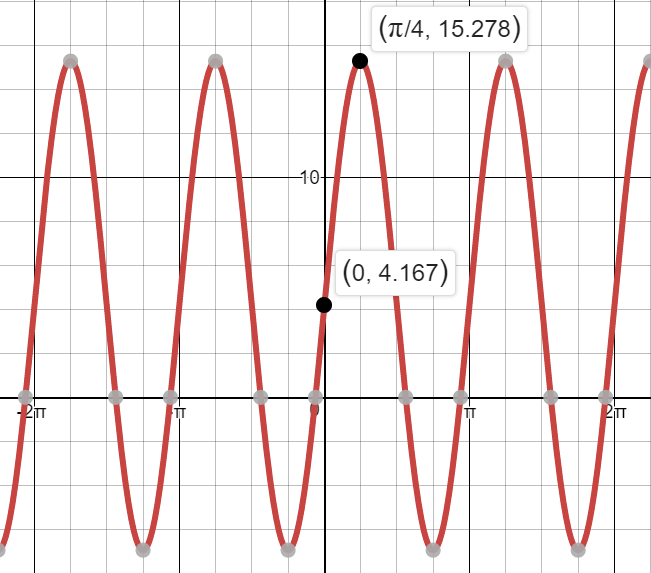
A velocidade, tal como a distância, depende também da elevação, mais concretamente a inclinação (declive). Nos cenários em que o nó de origem se situa num local menos elevado que o nó de destino, ou seja, o declive é positivo, a velocidade aumenta com a diminuição deste declive. Nos casos em que o nó de origem se situa num local mais elevado que o nó de destino, onde o declive é negativo, a velocidade aumenta com o aumento deste declive.

Depois de realizada esta análise tentámos averiguar quais os valores mais coerentes de velocidades que uma pessoa consegue atingir numa bicicleta tendo em conta a elevação. Com isto em mente construímos duas funções de velocidade em função da inclinação (uma para o caso do nó de origem ser menos elevado que o nó de destino e outra para o caso inverso). Estas foram as funções a que chegámos que, na nossa opinião, são uma boa aproximação à realidade.

Situações de subida:



Nesta situação apenas interessa ter uma boa aproximação no intervalo de 0 a 45º() de inclinação. A partir daí torna-se pouco viável a locomoção usando a bicicleta como meio de transporte.

Situações de descida:

Tal como na situação anterior apenas o intervalo de 0 a 45º (). A partir deste ângulo consideramos que é atingida a velocidade máxima que um ciclista consegue atingir. Este ângulo na realidade aumenta no sentido negativo.

Estas duas funções retornam valores em m/s recebendo a inclinação em radianos.

## 3.4. Encontrar a melhor Solução

Depois de os dados serem lidos e carregados corretamente para o programa corretamente foi necessário pensar na parte principal do projeto e de como a implementar.

Num primeiro instante procurámos reconhecer que tipo de problema era este. Muito facilmente chegámos a um consenso e percebemos que este problema era um típico problema do caminho mais curto. Desde logo decidimos que o algoritmo mais indicado seria o algoritmo de Dijkstra.

No algoritmo seguinte sejam **G** o grafo inicial, **vi** o vértice de origem, **p(u,v)** o peso de uma aresta, **d{u}** a distância até ao vértice u, Q uma fila de prioridade e **V** o conjunto de vértices.

Dijkstra(G, vi)

*for all u V \ vi, d{u} = and path{u} = null*

*d{s} = 0*

*let Q = // priority - queue*

*insert vi in Q*

*u = null*

*while (Q and ( u == null or !u.isSharingLocation( ) ) )*

*min = extractMin(Q)*

*for all vertices v adjacent to u*

*if d{v} > d{u} + p(u,v)*

*d{v} = d{u} + p(u,v)*

*path{v} = u*

Para os casos em que o destino é conhecido a condição de terminação do algoritmo passa a ser:

*while (Q and ( u == null or u != vf ) )*

Em que **vf** é o vértice de destino.

### 

### 

### 3.4.1. Análise de Correção da Solução

### 

### 

### 

### 

### 

### 

### 

### 

### 

### 3.4.2. Análise da Complexidade da Solução

Tendo em conta que a solução encontrada reduz-se, na prática, à utilização de um algoritmo já conhecido (Algoritmo do caminho mais curto de Dijkstra), a sua complexidade temporal é também já conhecida, sendo ela de:

O( ( |V| + |E| ) \* log |V| ) )

## 

## 

## 

## 

## 

## 

## 

## 

## 3.5. Balancear os Pontos de Recolha

De maneira a evitar que Pontos de Recolha fiquem lotados ou vazios, e de modo a equilibrar a distribuição das bicicletas por todos estes pontos, foi-nos também pedido que arranjássemos uma estratégia de incentivo que levasse o utilizador a depositar a sua bicicleta nestes locais. Desta forma tivemos de arranjar um algoritmo que prevenisse este desfasamento. O algoritmo que desenvolvemos consiste no seguinte:

* Percorrer o grafo e encontrar todos os Pontos de Recolha colocando-os num vetor.
* Ordenar o vetor de acordo com o critério desejado:

1. Rent a bike: Ordenar o vetor segundo o maior número de vagas.
2. Deliver a bike: Ordenar o vetor segundo o menor número de vagas.

* Tendo o vetor ordenado retornar os 5 primeiros Pontos de Recolha deste.
* Calcular o incentivo de cada um destes pontos de acordo com o peso total do caminho encontrado (aumento do peso aumento do incentivo).
* No final o utilizador poderá escolher um destes 5 Pontos de Recolha caso opte por um caminho que não o mais curto.

Desta forma garantimos que, quando o utilizador optar por usufruir do incentivo sugerido, este incentivo será no sentido de balancear os Pontos de Recolha. Note-se ainda que este balanceamento só acontece quando o utilizador opta pelo incentivo. Isto significa que, caso nenhum utilizador siga esta recomendação, existe a possibilidade de o grafo não ficar minimamente bem balanceado.

## 3.6. Preparar os dados para o GraphViewer

De modo a que o grafo gerado pelo nosso programa tome uma forma aproximada à forma real deste, foi necessário converter as coordenadas geográficas fornecidas de modo a satisfazer esta caraterística. Para isso e após alguma pesquisa encontrámos a nossa resposta em:

<https://github.com/pedro-c/CAL-FEUP-EasyPilot/blob/master/src/EasyPilot.cpp>

Neste ficheiro estão duas funções que convertem cada uma das coordenadas para coordenadas cartesianas (x e y). Este código não foi desenvolvido por nós e como tal todo o crédito vai para o seu autor e dono do repositório Pedro Costa.

# Diagrama de classes UML

# 5. Utilização do Programa e suas funcionalidades

Ao iniciar o programa, uma linha de comandos é executada dando ao utilizador a possibilidade de escolher um dos diferentes mapas disponíveis. Depois de selecionado um mapa, a informação proveniente dos ficheiros de texto correspondentes é carregada para o programa e todas as estruturas de dados são inicializadas com esta.

Depois deste passo é mostrado ao utilizador o menu principal com as diferentes opções. É também lançada uma janela gráfica que tem presente toda a informação presente no programa de uma forma mais prática.

O menu apresenta as seguintes opções:

//Imagem do Menu Principal

**Rent a bike:**  Se o utilizador selecionar esta opção ser-lhe-á pedido que introduza o local onde se encontra atualmente (tem de ser necessariamente um nó do grafo). Depois disto será apresentado ao utilizador o caminho a tomar até ao local mais próximo onde pode levantar uma bicicleta.

**Deliver a bike:** Ao selecionar esta opção, tal como na anterior, o utilizador terá de introduzir o local onde se encontra, sendo de seguida apresentado no ecrã:

* O caminho mais curto a tomar pelo utilizador até ao ponto de recolha mais próximo.
* Uma sugestão que leva o utilizador a um local mais remoto podendo usufruir de um desconto no pagamento do serviço de bicicletas. Esta sugestão vai prevenir que este tipo de locais fique sem bicicletas por serem mais isolados, mantendo assim o equilíbrio no grafo.

**Select a new graph:** Esta opção vai redirecionar o utilizador para o ecrã inicial de seleção de um mapa.

**Check Graph Connectivity:** Verifica se o grafo é conexo ou não. Caso não seja assinala na janela gráfica o nó em que o teste falhou.

**Exit:** Encerra o programa.

# 6. Principais dificuldades

No desenvolvimento deste projeto foram surgindo algumas dificuldades. A primeira surgiu logo no início com a leitura dos ficheiros. Uma vez que começámos a desenvolver o projeto relativamente cedo, o parser que nos foi fornecido ainda não estava disponível. Desta forma passámos algum tempo a pesquisar formas de conseguir converter a informação presente nos ficheiros do Open Street Maps para ficheiros de texto. Após alguma pesquisa conseguimos obter um parser fornecido em anos anteriores. No entanto como o parser acabou por ser fornecido mais tarde o nosso esforço apenas se provou como desperdício de tempo o que colocou alguma pressão sobre o resto do projeto.

Uma outra dificuldade foi a gestão de tempo. Na nossa opinião o tempo estipulado pelos docentes da Unidade Curricular para o desenvolvimento deste projeto foi relativamente curto. Dado que este não era o único projeto que estava a ser desenvolvido no âmbito do curso, usufruir do tempo disponível para o desenvolvimento, com sucesso, de todos os projetos, tornou-se muito difícil de alcançar.

As últimas dificuldades encontradas estão mais relacionadas com a nossa tentativa de conceção de novas estratégias pedidas pelo tema do projeto. Mais especificamente estratégias como atribuição dos descontos, implementação do incentivo e conciliar a elevação como peso de uma aresta.

Em suma, apesar do aparecimento destas dificuldades, em geral elas foram ultrapassadas com sucesso e empenho por parte de todos os elementos o grupo.

# 7. Distribuição do Trabalho

Este projeto foi maioritariamente desenvolvido em conjunto, tendo sido realizadas reuniões sempre que possível. Nestas, cada elemento do grupo reportava ao restantes o seu progresso e eram também discutidas diferentes estratégias de maneira a atingir os objetivos do trabalho a que nos propusemos.

Todos os elementos do grupo contribuíram e empenharam-se de igual forma para o bom desenvolvimento e funcionamento deste projeto.

# 8. Conclusão

A realização deste trabalho permitiu nos obter uma melhor compreensão da matéria em questão, particularmente do modo de funcionamento de algoritmos de pesquisa em grafos, nomeadamente o Algoritmo de Dijkstra.

A proposta de trabalho continha um intuito educativo, sendo requerido da nossa parte que compreendêssemos a usássemos não só novas estruturas como grafos, mas também algoritmos de pesquisa nos mesmos.

Concluímos, portanto, que os objetivos pretendidos com este projeto de grupo foram atingidos, quer a nível individual quer a nível coletivo, uma vez que cada elemento domina agora os temas lecionados na unidade curricular e é capaz de os aplicar numa componente prática.