

## Trabalho Prático - Grafos

### Introdução

Este ano conheceremos a seleção campeã da 21ª edição de um grandioso torneio internacional de futebol masculino, a Copa do Mundo da FIFA. A Rússia recebeu, pela primeira vez na história, o importante papel de sediar este evento esportivo, que apesar de ocorrer apenas de quatro em quatro anos, impacta não só a vida dos habitantes do país anfitrião, como também a vida de milhões de espectadores que acompanham a competição através dos diversos meios de comunicação existentes.

O papel da imprensa é tão importante para o torneio, que fotógrafos e jornalistas de grandes portais são alocados para o país sede mesmo antes do início da competição, com o objetivo de fazerem a cobertura dos preparativos para o evento.

Durante os jogos, para terem a oportunidade de entrevistar e fotografar atletas e comissão técnica, a imprensa necessita de credenciais de acesso aos estádios de futebol. O credenciamento, apesar de possuir o número limitado de vagas, procura atender a demanda do máximo possível de países. Isto faz com que muitos jornalistas sejam credenciados, logo, conseguir uma boa fotografia passa a ser um desafio, devido à concorrência e ao fato de possuírem restrições quanto aos locais onde podem se estabelecer dentro dos estádios.

Uma grande rede de comunicação perdeu diversas oportunidades na última Copa por não alocar bem os seus jornalistas e fotógrafos. Este ano não gostariam de passar pelos mesmos problemas, por isso, lhe contrataram para ajudá-los na logística de alocação. Eles lhe fornecerão informações dos pontos onde é permitido o acesso da imprensa e gostariam que você indicasse os melhores locais para alocação dos jornalistas e fotógrafos. Você pode ajudá-los?

### Definição do Problema

Por motivos de segurança, a FIFA decidiu que a imprensa só poderá ter acesso aos corredores existentes nos estádios, não sendo permitida a permanência de fotógrafos e jornalistas nos demais locais. Além disso, os corredores só poderão ser utilizados pelos atletas em uma única direção, ou seja, corredores que possuem o sentido da sala  $A$  para sala  $B$ , não poderão ser trafegados no sentido contrário.

A empresa que lhe contratou possui o mapa dos corredores onde é permitido o acesso e permanência da imprensa. Além disso, sabem que ao chegar no estádio os jogadores e comissão técnica sempre optam por percorrerem a menor distância entre o ponto de chegada no estádio e o vestiário. O desafio está no fato de poderem existir mais de um caminho cuja distância percorrida entre o ponto de chegada no estádio e o vestiário seja mínima, pois foi justamente este o fato que fez com que a companhia perdesse diversas oportunidades durante a última edição do evento.

Diante deste problema, a grande rede de comunicação espera que você seja capaz de identificar todos os possíveis corredores que poderiam ser percorridos pelas seleções durante o trajeto entre o ponto de chegada e os vestiários, respeitando a regra de menor distância. Além disso, podem existir corredores que independentemente do trajeto escolhido pelos atletas e comissão técnica, serão definitivamente utilizados. Tais corredores são com certeza os melhores pontos para alocação dos fotógrafos e jornalistas, portanto, é sua tarefa identificá-los também.

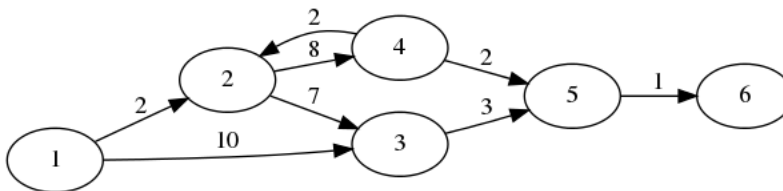
## Exemplos

Para entender melhor a sua tarefa, vejamos alguns exemplos:

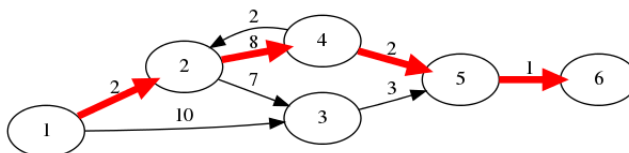
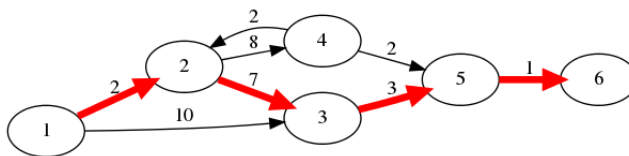
Imagine que existam  $N$  locais onde não é permitido o acesso da imprensa, numerados de 1 a  $N$ . Além disso, imagine  $M$  corredores onde o acesso é permitido, numerados de 1 a  $M$ . Seja  $N = 6$ ,  $M = 8$  e as seguintes características dos corredores :

- Corredor #1 podendo ser percorrido do local 1 para o local 2 com uma distância igual a 2
- Corredor #2 podendo ser percorrido do local 1 para o local 3 com uma distância igual a 10
- Corredor #3 podendo ser percorrido do local 2 para o local 3 com uma distância igual a 7
- Corredor #4 podendo ser percorrido do local 2 para o local 4 com uma distância igual a 8
- Corredor #5 podendo ser percorrido do local 3 para o local 5 com uma distância igual a 3
- Corredor #6 podendo ser percorrido do local 4 para o local 5 com uma distância igual a 2
- Corredor #7 podendo ser percorrido do local 4 para o local 2 com uma distância igual a 2
- Corredor #8 podendo ser percorrido do local 5 para o local 6 com uma distância igual a 1

Observe que todos os corredores possuem um único sentido, sempre do primeiro local para o segundo. Além disso, o fato da distância do corredor com sentido de  $A$  para  $B$  ser igual a  $X$  não implica que a distância do corredor com sentido de  $B$  para  $A$  seja igual a  $X$  (Comparando os corredores #4 e #6). Isto ocorre porque podem existir alguns obstáculos nos corredores devido ao design dos estádios. Tal configuração de mapa pode ser visualizada na figura abaixo, onde o label das arestas representam a distância do corredor (Os identificadores dos corredores foram omitidos para facilitar a visualização):



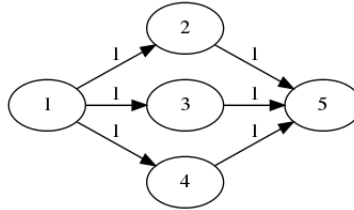
Se considerarmos que o ponto de chegada dos atletas é o local 1 e que o vestiário está localizado em 6, veremos que a menor distância a ser percorrida pelos atletas é igual a 13, existindo 2 caminhos possíveis. Tais caminhos podem ser visualizados nas figuras abaixo



Podemos perceber que todos os corredores que poderiam ser percorridos pelas seleções durante o trajeto entre o ponto de chegada e o vestiário, respeitando a regra da menor distância, são {#1, #3, #4, #5, #7, #8}, ou seja, os únicos corredores que jamais seriam percorridos pelas seleções

são **#2 e #6**. Além disso, é possível perceber que independente de qual dos dois caminhos as seleções percorrerão, elas sempre passarão pelos corredores **#1 e #8**, logo, estes dois corredores são os melhores locais para alocação dos fotógrafos e repórteres.

No exemplo anterior vimos um caso onde existem corredores que serão definitivamente utilizados pelos atletas e comissão técnica, porém, isto não é sempre verdade. Imagine a seguinte configuração onde o ponto de chegada dos atletas está localizado no local **#1** e o vestiário no local **#5**:



Nesta configuração todas as arestas poderiam ser percorridas pelos atletas e comissão técnica durante o trajeto, porém não existe nenhum corredor que será definitivamente utilizado.

## Entrada e Saída

### Entrada

A primeira linha da entrada contém 2 inteiros  $N$  ( $2 \leq N \leq 10^5$ ) e  $M$  ( $1 \leq M \leq 10^5$ ), representando respectivamente o número de locais onde o acesso da imprensa é proibido e o número de corredores onde o acesso da imprensa é permitido.

As próximas  $M$  linhas possuirão três inteiros  $a_i$  ( $1 \leq a_i \leq N$ ),  $b_i$  ( $1 \leq b_i \leq N$ ) e  $l_i$  ( $1 \leq l_i \leq 10^6$ ) representando as características dos corredores. Cada corredor  $i$  poderá ser percorrido do local  $a_i$  para o local  $b_i$  com uma distância igual a  $l_i$ . Os corredores são numerados de 1 a  $M$  de acordo com a ordem em que aparecem na entrada.

Os locais com acesso proibido para imprensa são numerados de 1 a  $N$ . O ponto de chegada dos atletas no estádio será sempre no local 1 e o vestiário será sempre no local  $N$ . É garantido que existe um caminho de 1 para  $N$  utilizando apenas os corredores e respeitando o sentido dos mesmos.

### Saída

A primeira linha da saída deverá ser um inteiro  $R$  indicando o número de corredores que possivelmente poderiam ser utilizados no trajeto do ponto de chegada ao vestiário respeitando a regra da mínima distância.

A segunda linha da saída deverá conter  $R$  inteiros **distintos** separados por espaço, indicando os identificadores dos corredores que possivelmente poderiam ser utilizados pelos atletas. Os identificadores deverão estar ordenados em ordem crescente. Não deixe espaço em branco após o último identificador.

A terceira linha da saída deverá ser um inteiro  $S$  indicando o número de corredores que definitivamente serão utilizados pelas seleções independentemente do caminho escolhido pelos atletas.

A quarta linha da saída deverá conter  $S$  inteiros **distintos** separados por espaço, indicando os identificadores dos corredores que definitivamente serão utilizados pelas seleções. Os identificadores deverão estar ordenados em ordem crescente. Não deixe espaço em branco após o último identificador.

**Observação:** Fique atento quanto a complexidade de seu algoritmo, para cada caso de teste é esperado que ele execute em no máximo 5 segundos.

input
6 8 1 2 2 1 3 10 2 3 7 2 4 8 3 5 3 4 2 2 4 5 2 5 6 1
output
6 1 3 4 5 7 8 2 1 8
input
5 6 1 2 1 1 3 1 1 4 1 2 5 1 3 5 1 4 5 1
output
6 1 2 3 4 5 6 0

## Implementação

As implementações devem ser testadas em uma máquina **Linux**<sup>1</sup> do Departamento de Ciência da Computação de livre acesso aos alunos da pós-graduação via acesso remoto. Essa é a garantia de que a implementação será compilada e executada em um ambiente conhecido pelo aluno.

As linguagens de programação aceitas são: **Java, C, C++ e Python**.

**Não é permitido** o uso de bibliotecas de terceiros<sup>2</sup>.

**Não é permitido** o compartilhamento de código entre os estudantes. Indícios de plágio serão investigados e, caso confirmados, serão severamente punidos.

O código implementado deve ser compilado (se for o caso) da seguinte maneira:

```
$ ./compilar.sh
```

O shell script 'compilar.sh' deverá conter:

```
#!/bin/bash
< coloque aqui o código para compilar seu programa >
```

O código implementado deverá ser executado com a seguinte linha de comando:

```
$ ./executar.sh entrada saida
```

O shell script 'executar.sh' deve conter o seguinte:

```
#!/bin/bash
in = $1
out = $2
< coloque aqui o código para executar o seu programa de modo que a entrada seja lida
de $in e a saída seja escrita em $out >
```

## Documentação

A documentação não deverá exceder 10 páginas e deverá contemplar, entre outros, os seguintes tópicos:

- Introdução com uma explicação clara e objetiva de como o problema foi resolvido, justificando os algoritmos e as estruturas de dados utilizadas. Para auxiliar nessa atividade utilize pseudocódigos, diagramas e demais figuras que achar conveniente. Não é necessário incluir trechos de código da sua implementação e nem mostrar maiores detalhes, exceto quando esses influenciam no seu algoritmo principal;
- Análise de complexidade de tempo utilizando o formalismo da notação assintótica;
- Análise experimental que avalie o tempo de execução do seu código em função das características da entrada, tais como, o número de vértices e de arestas. Cabe a você gerar as entradas para esses experimentos. A apresentação dos resultados pode ser feita em gráficos e tabelas que achar conveniente juntamente como as interpretações obtidas neles.

## Entrega

A documentação deverá ser submetida em formato PDF juntamente com os shell scripts e o código fonte em um único arquivo **‘.zip’** via minha.ufmg até às 23:55 do dia **04 de Maio de 2018**.

---

<sup>1</sup>[http://www.crc.dcc.ufmg.br/infraestrutura/laboratorios/labs\\_unix](http://www.crc.dcc.ufmg.br/infraestrutura/laboratorios/labs_unix)

<sup>2</sup>Dúvidas quanto a utilização de uma biblioteca em específico deverá ser sanada com o monitor responsável pelo módulo

## Observações

- A avaliação do trabalho será composta pela execução do algoritmo desenvolvido e pela análise do código e da documentação. Os seguintes itens serão avaliados:
  - A qualidade do código (código bem organizado, com comentários explicativos, variáveis com nomes intuitivos, modularidade, etc).
  - Execução correta do código em entradas de testes. Além dos casos de testes que serão disponibilizados para os alunos, serão utilizados outros casos de teste a fim de verificar a corretude da solução proposta.
  - A correção da solução ocorrerá de forma automatizada, portanto  **siga rigorosamente os padrões de saída especificados**, caso contrário sua nota poderá ser prejudicada.
  - Conteúdo da documentação, que deve conter os itens mencionados anteriormente.
  - Coerência e coesão da documentação (apresentação visual e organização, qualidade textual e facilidade de compreensão).
- Após submeter seu arquivo ‘.zip’ no moodle, faça download do mesmo e certifique-se que o mesmo não está corrompido. Não será dada segunda chance de submissão para arquivos corrompidos.
- **Não deixe** o trabalho prático para a última hora!

**Bom Trabalho!**

## Referências

### **Introduction to Algorithms, 2nd Edition**

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein MIT Press, Hardcover, Published July 2001, ISBN 0070131511

### **Competitive Programming 3: The New Lower Bound of Programming Contests.**

Steven Halim, Felix Halim. Handbook for ACM ICPC and IOI contestants (2013)

### **Projeto de Algoritmos com Implementações em Pascal e C, 2ª Edição**

Nívio Ziviani, Editora Thomson, 2004