

## Trabalho Prático - Grafos

### 1 Introdução

Em um futuro distante, duas raças travam constantes batalhas por toda a galáxia, enviando frotas de naves para dominar sistemas solares inteiros. Como membro de uma dessas das frotas, sua missão atual é interceptar uma frota inimiga para um ataque surpresa.

Você recebeu informações que tais naves são bem diferentes das frotas aliadas, sendo elas divididas em postos de combate isolados, em que seus usuários devem sempre usar o sistema de teleporte para se movimentar entre os postos. Entretanto, devido as naves serem bem apertadas, há apenas um usuário em cada posto, exigindo que o teleporte troque dois usuários de postos para a movimentação em seu interior.

Você também recebeu a informação que as frotas inimigas são divididas em quatro tipos de naves com configurações de postos e teleportadores diferentes, sendo elas naves de *Reconhecimento*, *Frigatas*, *Bombardeiros* e *Transportadores*.

Devido as perdas em batalhas anteriores, o quartel general decidiu um novo protocolo de precaução: Uma nave de patrulha sempre deve ser enviada previamente para realizar o reconhecimento da frota inimiga, retornando com um relatório que especifica a quantidade e tipos de naves inimigas, além do tempo de vantagem para realizar um ataque surpresa.

Para isso, sua nave de patrulha foi equipada com um radar extremamente potente que consegue identificar qual a estrutura dos teleportadores em todas as embarcações de uma frota inimiga. Ao utilizar o computador de última geração em sua nave, você também é capaz de hackear o computador da central de operações dos inimigos, descobrindo a atual posição de todos os tripulantes, bem como onde seus postos de combate são originalmente designados. Contudo, essa informação não vem processada, sendo responsabilidade do operador da nave de reconhecimento analisá-las e informá-las no relatório a ser enviado ao quartel general, ou seja, sua responsabilidade. Você está preparado?

### 2 Definição do Problema

O primeiro passo de sua missão é receber os dados vindos do radar, identificando a quantidade de cada tipo de nave presente na frota inimiga (*Reconhecimento*, *Frigatas*, *Bombardeiros* e *Transportadores*) para montar o relatório para o quartel general. Para isso, você deve observar a disposição interna de cada nave, pois cada tipo possui uma estrutura de teleporte similar, podendo ser identificada e classificada somente com os dados do radar. As informações sobre cada tipo de nave estão abaixo.

Além disso, você também é responsável por calcular o tempo que sua frota possui até que alguma nave inimiga esteja pronta para combate, chamado de tempo de vantagem. Isso pode ser feito utilizando os dados das posições dos inimigos nos postos, calculando a menor quantidade de tempo possível para que alguma nave inimiga esteja com todos seus tripulantes em suas posições de combate corretas. Entretanto, calcular precisamente o tempo de vantagem é um problema de difícil solução, por isso o quartel aceitou que seja calculado somente um limitante inferior para o número de teleportes. Cada nave pode realizar somente um teleporte de cada vez, sendo cada teleporte exatamente uma unidade de tempo.

## 2.1 Reconhecimento



Figura 1: Exemplo de nave de reconhecimento. O resultado da sondagem está mostrado em branco, com os postos enumerados e os teleportes possíveis entre os postos como uma linha branca entre eles.

**Tipo de Nave:** Combate, Patrulha, Sondagem.

**Tamanho:** Pequeno porte.

**Características Principais:** Levemente armada, com postos de combate posicionados sempre no centro da nave. Nesse tipo de nave, um tripulante em um posto pode somente teleportar para outro diretamente adjacente a ele. Na Figura 1 podemos notar que o posto de combate 1 somente pode teleportar para o posto de combate 2, quanto o posto de combate 3 pode teleportar para 4 ou 2.

## 2.2 Fragatas

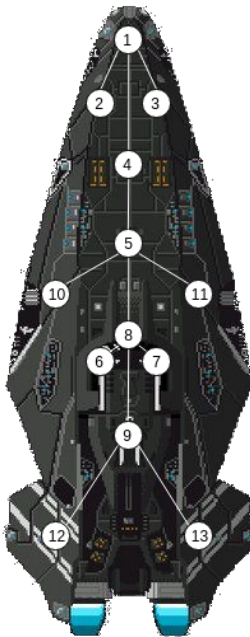


Figura 2: Exemplo de fragata. O resultado da sondagem está mostrado em branco, com os postos enumerados e os teleportes possíveis entre os postos como uma linha branca entre eles.

**Tipo de Nave:** Base de Operações, Combate.

**Tamanho:** Grande porte.

**Características Principais:** Altamente armada, usada como base de operações na grande maioria das frotas. Postos de combate espalhados por toda a nave. O sistema de transporte de naves de grande porte utilizam muita energia, então, para garantir que qualquer posto consiga chegar a qualquer outro da nave, elas foram projetadas de modo a minimizar o número de teleportes possíveis. Como resultado, fragatas sempre possuem  $T - 1$  teleportes possíveis entre os postos, onde  $T$  é o número total de postos. Na Figura 2 podemos observar os postos de combate espalhados por toda a nave.

## 2.3 Bombardeiros

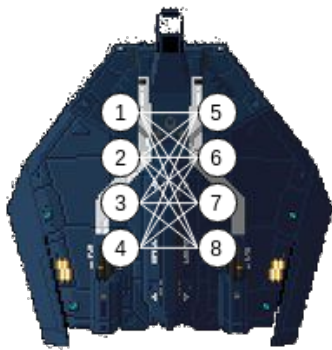


Figura 3: Exemplo de bombardeiro. O resultado da sondagem está mostrado em branco, com os postos enumerados e os teleportes possíveis entre os postos como uma linha branca entre eles.

**Tipo de Nave:** Combate.

**Tamanho:** Médio porte.

**Características Principais:** Armada com dispositivos explosivos de alto impacto, é um dos tipos de naves mais perigosas em uma frota. Postos de combate são organizados em duas fileiras com a mesma orientação da frente da nave. As duas fileiras podem ter quantidade de postos de combate diferentes. O sistema de teleporte dessas naves é otimizado para permitir com que qualquer posto de uma fileira possa teleportar para qualquer posto da fileira ao lado, com a desvantagem de que um posto de combate não possa teleportar para outro posto na mesma fileira. Uma fileira tem no mínimo dois postos de combate. Na Figura 3 podemos observar as duas fileiras de postos de combate das naves.

## 2.4 Transportadores



Figura 4: Exemplo de transportador. O resultado da sondagem está mostrado em branco, com os postos enumerados e os teleportes possíveis entre os postos como uma linha branca entre eles.

**Tipo de Nave:** Transporte.

**Tamanho:** Médio porte.

**Características Principais:** Geralmente responsável por carregar infantaria e materiais, pouco armada. Postos de combate são organizados em duas fileiras com a mesma orientação da frente da nave. As duas fileiras sempre tem quantidade de postos de combate iguais. O sistema de teleporte dessas naves é simples e permite com que um tripulante de um posto teleporte para outro posto de combate mais adjacente. Entretanto, diferente das naves de reconhecimento, as pontas de uma fileira podem teleportar para a ponta mais adjacente da outra fileira. Na Figura 4 podemos observar as duas fileiras de postos de combate das naves, note que o posto de combate 4 pode teleportar para o posto de combate 3, que é o mais adjacente da fileira dele, mas, como ele também é ponta, ele pode teleportar para o posto de combate 5, que é o posto mais adjacente a ele na outra fileira.

## 3 Entrada e saída

### 3.1 Entrada

A entrada descreve múltiplas naves de maneira conjunta. A primeira linha da entrada contém dois inteiros  $N$  ( $10 \leq N \leq 10^5$ ) e  $M$  ( $8 \leq M \leq 10^6$ ), representando respectivamente o número de postos de combate encontrados pelo radar e a quantidade total de teleportes possíveis entre postos de combate.

As próximas  $M$  linhas possuirão dois inteiros  $a$  ( $1 \leq a \leq N$ ) e  $b$  ( $1 \leq b \leq N$ ), representando os teleportes possíveis nas naves. Cada posto de combate  $a$  pode teleportar para  $b$ , fazendo com que  $b$  possa também teleportar para  $a$ .

As próximas  $N$  linhas possuirão dois inteiros  $c$  ( $1 \leq c \leq N$ ) e  $d$  ( $1 \leq d \leq N$ ), identificando que um tripulante no posto de combate  $c$  deve retornar a seu posto de combate correto  $d$ . Caso um tripulante esteja na posição correta,  $c$  e  $d$  serão iguais.

### 3.2 Saída

A primeira linha deverá ser quatro inteiros  $R$ ,  $F$ ,  $B$  e  $T$ , separados por espaço, indicando a quantidade de naves de reconhecimento, fragatas, bombardeiros e naves de transporte, respectivamente. A segunda linha deverá conter um inteiro  $V$ , representando o tempo de vantagem que sua frota possui.

## 4 Exemplos

Entrada	
	19 18
	1 8
	8 7
	7 6
15 14	6 5
1 2	5 4
1 3	4 3
1 4	3 2
4 5	2 1
6 8	9 10
6 9	10 11
6 10	11 12
7 8	12 13
7 9	13 14
7 10	14 9
11 12	15 16
12 13	16 17
13 14	17 18
14 15	18 19
1 2	1 8
4 1	2 2
3 5	3 3
2 4	4 4
5 3	5 5
6 7	6 6
7 9	7 7
8 6	8 1
9 10	9 9
10 8	10 10
11 15	11 11
12 14	12 12
13 11	13 13
14 13	14 14
15 12	15 19
	16 16
	17 18
	18 17
	19 15
Saída	
1 1 1 0	1 0 0 2
4	0

## 5 Implementação

As implementações devem ser testadas em uma máquina Linux do Departamento de Ciência da Computação de livre acesso aos alunos da pós-graduação via acesso remoto <sup>1</sup>. 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.

**Não é permitido** o compartilhamento de código entre os estudantes.

---

<sup>1</sup> <https://www.crc.dcc.ufmg.br/bc/howto/remote/ssh>

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

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

O shell script "compilar.sh"deverá conter:

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

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

```
$ ./executar.sh entrada saída
```

O shell script "executar.sh"deverá conter:

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

## 6 Relatório

O relatório não deve exceder 10 páginas e deverá contemplar os seguintes tópicos:

- **Introdução** com 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 e espaço do seu algoritmo utilizando o formalismo da notação assintótica;
- **Análise experimental** para avaliar o tempo de execução e o consumo de memória de seu código em função das características de entrada, como por exemplo, o número de vértices e arestas em cada tipo de nave. Aqui, gere suas próprias entradas, meça o tempo de execução e consumo de memória e depois apresente os resultados da maneira que achar melhor (tabelas, gráficos, etc).

## 7 Submissão

Deve-se submeter um arquivo **.zip** contendo os códigos-fonte, *shell scripts* e o relatório, até as 23h55 do dia 11 de Maio de 2019 na página do curso no moodle.

## 8 Observações

1. O trabalho vale **10 pontos**, com 6 pontos para a **identificação correta das naves** e 2 pontos para o **cálculo correto do tempo de vantagem**, com 2 pontos para o **relatório**, totalizando **10 pontos**;
2. Seu trabalho será avaliado a partir dos seguintes critérios:
  - 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 disponibilizados, serão utilizados outros casos de testes a fim de verificar a corretude da solução proposta;

- **Conteúdo do relatório**, que deve conter os itens mencionados anteriormente, além do esforço em escrever um texto coeso, organizado e de fácil compreensão.
3. Após submeter seu arquivo **.zip** no moodle, faça o download da submissão e verifique que o mesmo não está corrompido. Não será dada segunda chance de submissão para arquivos corrompidos.
  4. A nave sempre irá enumerar sequencialmente os postos de combate que ela identificar, não existindo postos de combate com a mesma enumeração;
  5. Uma frota é composta de **no mínimo 2** naves;
  6. O limite inferior a ser calculado deve ser não trivial<sup>2</sup>, calculado a partir de um mapeamento de postos de combate (Dica: Utilize Caminhos Mínimos);
  7. Uma fragata **nunca** poderá ter a mesma estrutura interna que uma nave de reconhecimento;
  8. O número mínimo de postos de combate em uma nave é 5;
  9. O tempo de execução para qualquer um dos casos de teste que estão dentro dos limites passados deve ser **igual ou inferior a 2 segundos**;
  10. **Comece o trabalho o quanto antes!**

---

<sup>2</sup>Um exemplo de limite inferior trivial seria 0, pois sabemos que esse é o número mínimo de teleportes possíveis, não podendo ser menor que isso.