



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



ERASTO DE SOUZA PEREIRA
LUCAS SILVA DA COSTA

ALGORITMOS EM GRAFOS

Relatório do projeto

JUAZEIRO DO NORTE - CE

2025

Decisões de Implementação

Estrutura do Grafo

Optamos por representar o grafo utilizando um dicionário, onde cada chave corresponde a um vértice. Cada vértice contém uma lista com duas partes principais sendo essas partes representado também por lista:

1. Informações do vértice:
 - Quantidade de combustível (representado por um valor inteiro).
 - Possibilidades para vértice (posto de brigadista ou lago, armazenado como booleano).
 - Estado do vértice em relação ao fogo:
 - *0: Não queimado.*
 - *1: Em chamas.*
 - *-1: Apagado.*
 - *2: Totalmente queimado.*
 - Quantidade de turnos que está pegando fogo.
2. Lista de adjacência: Uma lista de tuplas que armazena os vértices vizinhos, facilitando a navegação pelo grafo.

Algoritmo de Dijkstra Modificado

Implementamos o algoritmo de Dijkstra para calcular os caminhos mínimos entre todos os pares de vértices. Essa escolha foi crucial para garantir que as equipes de brigadistas sempre sigam o trajeto mais curto até os focos de incêndio ou até uma fonte de reabastecimento (lago ou posto). O algoritmo foi adaptado para incluir uma função auxiliar, *reconstruir_caminho*, que permite recuperar o caminho, além do custo total.

Classe das Equipes de Brigadistas

As equipes foram modeladas como uma classe, com os seguintes métodos principais:

- **andar:** Responsável pelo deslocamento da equipe de um vértice de origem até um destino, utilizando o caminho mínimo calculado pelo Dijkstra. Verifica

se o caminhão possui água suficiente antes de se mover. Caso contrário, chama o método *reabastecer*.

- **apagar:** Acionado quando a equipe chega a um vértice em chamas. O método verifica se a quantidade de água disponível é suficiente para extinguir o fogo. Se for bem-sucedido, o vértice é marcado como Apagado; caso contrário o fogo vai diminuir porém não será apagado, podendo se espalhar para vértices adjacentes.
- **reabastecer:** Calcula o caminho mínimo até o posto de brigadista ou lago mais próximo e direciona a equipe para reabastecer a água.

Dinâmica de Propagação do Fogo

Para simular a propagação do fogo de forma realista, implementamos duas funções:

1. **Início aleatório do fogo:** Seleciona aleatoriamente um vértice para iniciar um incêndio, excluindo postos e lagos.
2. **Propagação aleatória:** Quando um vértice está em chamas, há uma probabilidade de o fogo se espalhar para seus vizinhos, aumentando a complexidade do cenário.

Distribuição de Postos e Lagos

Para garantir uma cobertura eficiente, distribuímos aleatoriamente 3 postos de brigadistas no grafo, evitando sobreposição com lagos. Os lagos foram posicionados em vértices distintos dos postos, assegurando pontos estratégicos para reabastecimento.

Análise dos resultados obtidos

Para analisarmos os resultados obtidos depois de toda a construção do projeto, verificamos as especificações solicitadas no documento do mesmo e a partir dele geramos um relatório para mostrar todas as interações em cada turno e no final um resumo de tudo que aconteceu. Segue alguns exemplos de como foi feita essa análise:

Distribuição Inicial das Equipes

No início de tudo, as equipes são distribuídas nos postos de brigadistas espalhados pelo Grafo, sendo que irá ficar uma equipe em cada posto.

```
[Equipe([1],posicao='I', capacidade_atual=4/4, água=0), Equipe([2],posicao='B', capacidade_atual=4/4, água=0), Equipe([3],posicao='G', capacidade_atual=4/4, água=0)]
```

No exemplo acima os postos de brigadista estão nos vértices I, B e G, logo cada equipe ficou em um posto.

Comportamento do Algoritmo

Para verificarmos se o algoritmo está se comportando conforme solicitado, dividimos cada interação do mesmo em turnos onde se encerra somente quando não há mais focos de incêndio no grafo, portanto as interações podem variar dependendo do tamanho do grafo.

- 1ª Turno

```
=====
Turno: 1
=====

--- Equipe[1] em I ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em D. Indo para lá.
Movendo de I para K.

--- Equipe[2] em B ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em D. Indo para lá.
Movendo de B para D.

--- Equipe[3] em G ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em D. Indo para lá.
Movendo de G para J.

[Equipe([1],posicao='K', capacidade_atual=4/4, água=0), Equipe([2],posicao='D', capacidade_atual=4/4, água=0), Equipe([3],posicao='J', capacidade_atual=4/4, água=0)]

vertice H pegando fogo 🔥
```

O primeiro turno sempre terá o mesmo comportamento, variando apenas os vértices onde existem os postos de brigadistas e onde o fogo irá se iniciar. Veja que, no exemplo acima mostramos onde cada equipe está e qual ação ela irá realizar, sempre no primeiro turno elas irão para o vértice que começou pegando fogo, para isso é calculado o caminho mínimo até ele como explicado no tópico anterior. Mostramos também a nova posição da equipe após o seu deslocamento e se algum vértice adjacente ao que está pegando fogo começou a pegar fogo também, devido a propagação implementada.

- Demais turnos

```
=====
Turno: 2
=====

--- Equipe[1] em K ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em H. Indo para lá.
Movendo de K para H.

--- Equipe[2] em D ---
No local do fogo e com água.
--- Equipe[2] em D: Apagar Fogo ---
Tentando apagar 5 de fogo com 4 de água.
Água insuficiente. Fogo reduzido para 1.
Água acabou.

--- Equipe[3] em J ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em H. Indo para lá.
Movendo de J para K.

O vertice D parou de pegar fogo pois foi resfriado😄

[Equipe([1],posicao='H', capacidade_atual=4/4, água=0), Equipe([2],posicao='D', capacidade_atual=0/4, água=4), Equipe([3],posicao='K', capacidade_atual=4/4, água=0)]

vertice K pegando fogo🔥
vertice J pegando fogo🔥
```

```
=====
Turno: 3
=====

--- Equipe[1] em H ---
No local do fogo e com água.
--- Equipe[1] em H: Apagar Fogo ---
Tentando apagar 4 de fogo com 4 de água.
Fogo em H apagado!
Restam 0 de água.

--- Equipe[2] em D ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[2] em D: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em B. Indo para lá.
Movendo de D para B para reabastecer.

--- Equipe[3] em K ---
No local do fogo e com água.
--- Equipe[3] em K: Apagar Fogo ---
Tentando apagar 7 de fogo com 4 de água.
Água insuficiente. Fogo reduzido para 3.
Água acabou.

[Equipe([1],posicao='H', capacidade_atual=0/4, água=4), Equipe([2],posicao='B', capacidade_atual=0/4, água=4), Equipe([3],posicao='K', capacidade_atual=0/4, água=4)]
```

```

=====
Turno: 4
=====

--- Equipe[1] em H ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[1] em H: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em B. Indo para lá.
Movendo de H para D para reabastecer.

--- Equipe[2] em B ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[2] em B: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em B. Indo para lá.
Chegou na estação de reabastecimento B. Reabastecendo!
Reabastecido. Capacidade atual: 4/4.

--- Equipe[3] em K ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[3] em K: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em I. Indo para lá.
Movendo de K para I para reabastecer.

O vertice J parou de pegar fogo pois foi resfriado👊

[Equipe([1],posicao='D', capacidade_atual=0/4, água=4), Equipe([2],posicao='B', capacidade_atual=4/4, água=4), Equipe([3],posicao='I', capacidade_atual=0/4, água=4)]

```

```

=====
Turno: 5
=====

--- Equipe[1] em D ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[1] em D: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em B. Indo para lá.
Movendo de D para B para reabastecer.

--- Equipe[2] em B ---
Procurando o fogo mais próximo.
Fogo detectado em K. Indo para lá.
Movendo de B para D.

--- Equipe[3] em I ---
Sem água, procurando reabastecer.
--- Equipe[3] em I: Reabastecer ---
Estação de reabastecimento detectada em I. Indo para lá.
Chegou na estação de reabastecimento I. Reabastecendo!
Reabastecido. Capacidade atual: 4/4.

O vertice K parou de pegar fogo pois não foi atendido a tempo👊👊

[Equipe([1],posicao='B', capacidade_atual=0/4, água=4), Equipe([2],posicao='D', capacidade_atual=4/4, água=4), Equipe([3],posicao='I', capacidade_atual=4/4, água=4)]

```

Para os demais turnos o comportamento será parecido com o primeiro, só que as equipes poderão executar outras ações, sendo elas:

- **Andar:** Vão se deslocar para o vértice que está pegando fogo, o que já ocorre no primeiro turno.
- **Reabastecer:** Se no método andar ele verificar que a equipe está com a capacidade de água zerada, será chamado o método reabastecer onde as equipes vão se deslocar para o ponto de reabastecimento mais próximo.
- **Apagar:** As equipes tentarão apagar o fogo com toda a quantidade de água que possui.

Se o fogo foi apagado é informado que o mesmo foi contido no vértice e se ele apagar sozinho retornamos também que as equipes não chegaram a tempo e o vértice foi queimado, como ilustrado nos exemplos acima.

Relatório Final

Nesta última parte retornamos todas as informações dos vértices, o total que pegou fogo, quantos foram salvos, quantos litros de água utilizado e em quantos turnos o fogo foi contido, como mostra a imagem abaixo:

```
=====
                          Resumo de como ficou a situação final do grafo
                          =====

Vertice A nem sequer pegou fogo, parabéns pessoal🎉
Vertice B é um posto então tá de boa👍🇧🇷
Vertice C nem sequer pegou fogo, parabéns pessoal🎉
Vertice D pegou fogo durante 2 turnos, porém foi apagado a tempo😬
Vertice E nem sequer pegou fogo, parabéns pessoal🎉
Vertice F é um lago então tá de boa👍🌊
Vertice G é um posto então tá de boa👍🇧🇷
Vertice H pegou fogo durante 1 turnos, porém foi apagado a tempo😬
Vertice I é um posto então tá de boa👍🇧🇷
Vertice J pegou fogo durante 2 turnos, porém foi apagado a tempo😬
Vertice K pegou fogo durante 3 turnos, e queimou completamente🔥

Dos 11 vértices foram salvos 10 e foram queimados 1, para isso foram usados 12 Litros de água, em 6 turnos

=====
```

Note que se o vértice pegou fogo, mostramos em quantos turnos ele ficou em chamas e se foi contido ou não.

Possíveis melhorias e discussões sobre os desafios encontrados.

Sobre as melhorias que podemos fazer no futuro é garantir que os postos não irão ficar em vértices vizinhos criando uma melhor área de cobertura assim como não fazer os bombeiros irem para o mesmo vértice a menos que seja necessário fazendo com que a eficiência deles melhore.

Os desafios principais foram decidir a forma em que o grafo seria representado e como nós iríamos fazer as equipes o percorrermos, porém através de pesquisa e dos conselhos do monitor Alan escolhemos o dicionário e conseguimos superar o desafio de como fazer as equipes o percorrermos.