

# Relatório 1º Projeto ASA 2020/2021

António Coelho (ist195535)

Gustavo Aguiar (ist195587)

## 1 Descrição do Problema e da Solução

O problema foi interpretado como um de grafos (em específico um *DAG*), em que as peças de dominós correspondem a vértices e as dependências entre os mesmos a arcos. Concluiu-se que o número de intervenções necessárias para garantir que todas as peças caíam é dado pelo menor número de vértices a partir dos quais se pode percorrer todo o grafo, bem como se determinou que o tamanho da maior sequência de peças a caírem representa o número de vértices no maior caminho do *DAG*. Assim, como auxílio de resolução dos problemas encontrados utilizaram-se as seguintes referências:

- [Algoritmo de Kahn para ordenação topológica](#)
- [Artigo de Mumit Khan, CSE 211: Descobrir o caminho mais longo num \*DAG\*](#)

## 2 Análise Teórica

A representação do *DAG* em memória foi feita com recurso a uma lista de adjacências - complexidade de espaço  $\Theta(V + E)$  - assumindo que o grafo não apresentava uma densidade elevada, fruto da natureza real do problema. Assim, dada a representação em lista de adjacências e com vista ao desempenho, procurou-se dar uso a algoritmos que corresse em tempo linear de acordo com o tamanho do grafo<sup>1</sup> -  $O(V + E)$ .

A solução visada para a resolução dos problemas apresentados consiste em 3 etapas: ler o *DAG* de *input* (1), ordenar topologicamente o *DAG* (2) e para cada vértice em ordem topologicamente linear percorrer a sua lista de adjacências a fim de encontrar o maior caminho no *DAG* (3).

Para (1) - leitura de *input* - usando `scanf`, ler os dados de entrada dentro de um ciclo a depender linearmente de  $E$ , i.e.,  $O(E)$ .

Para (2) - ordenar topologicamente o *DAG* - percorrer os vértices do *DAG* adicionando a uma *stack* os de grau de entrada zero. Para cada um desses adicioná-lo à ordenação topológica e visitar os seus adjacentes; decrementar em 1 valor o grau de entrada dos adjacentes (remover o arco do *DAG*) e adicioná-los à *stack* se ficarem com grau de entrada 0. Repetir o processo para cada vértice na *stack*. Logo,  $O(V + E)$ .

---

<sup>1</sup>Tamanho do grafo é dado por  $|V| + |E|$ .

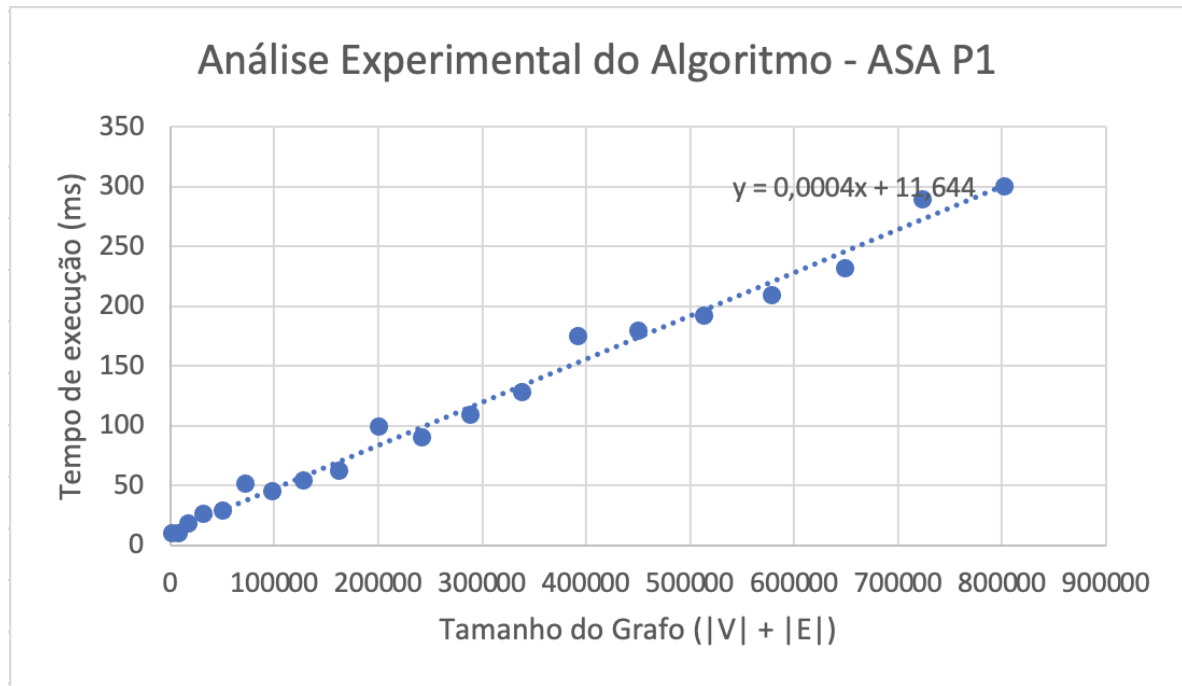
Para (3) - encontrar o maior caminho do *DAG* - para cada vértice  $v \in V$  em ordenação linear calcular  $\text{dist}(v) = \max_{(u,v) \in E} \{\text{dist}(u) + 1\}$  e devolver  $\max_{v \in V} \{\text{dist}(v)\}$ , onde  $\text{dist}(v)$  representa a maior distância entre uma fonte<sup>2</sup> do *DAG* ao vértice  $v$ . Logo,  $O(V + E) + O(V + E) = O(2V + 2E) = O(V + E)$ .

Conclui-se que a complexidade geral da solução aos problemas é dada por  $O(E) + O(V + E) + O(V + E) = O(2V + 3E) = O(V + E)$ .

### 3 Avaliação Experimental dos Resultados

Para a devida análise do algoritmo implementado, utilizou-se um computador com processador *Intel Core i5 Quad-Core* a 1.4 GHz, com 8 GB de memória RAM, com o sistema operativo *macOS Big Sur*.

Utilizou-se a ferramenta *randomDAG* fornecida pelo corpo docente da unidade curricular de ASA para gerar *DAGs* de tamanho variável até à ordem de grandeza de  $10^6$ , com probabilidade de densidade de arco  $p = 0.4$ , bem como a chamada de sistema *time* com o intuito de cronometrar o desempenho do algoritmo implementado dado *DAGs* de *input* gerados pelo *randomDAG*.



Por fim, utilizou-se a ferramenta *Microsoft Excel*, registrando-se os valores obtidos da testagem e, usando o Método dos Mínimos Quadrados, ajustou-se uma regressão linear que demonstra, experimentalmente, a veracidade da complexidade do algoritmo esperada teoricamente, vendo que o tempo de execução tem uma relação linear com o tamanho do grafo -  $O(V + E)$ .

<sup>2</sup>Uma fonte é um vértice com grau de entrada zero.