

TRABALHO DE GRUPO 1
(T1) DE
DESENHO DE
ALGORITMOS 21/22:
LOGÍSTICA URBANA PARA
ENTREGA DE
MERCADORIAS



Grupo G58:

- Gabriel Augusto Rocco (up201800172)
- Guilherme Miguel de Lima Freire (up202004809)
- Rafael Azevedo Alves (up202004476)

Descrição do problema

Neste trabalho, pretende-se contribuir para uma inovação na distribuição de mercadorias de uma empresa tornando a sua operação o mais eficiente possível. Para a criação de algoritmos que permitam um desenvolvimento na distribuição, são nos transmitidas várias informações sobre o modo de funcionamento da empresa:

- ❑ A empresa tem o seu próprio armazém, onde recebe e mantém as mercadorias;
- ❑ A empresa realiza **dois tipos de serviços**, nomeadamente a **entrega normal** e a **entrega expresso**;
- ❑ A cada pedido de transporte estão associados o **tipo de transporte** contratado (normal ou expresso), o **peso** e o **volume do pacote** e o **valor que a empresa recebe** com a entrega do mesmo;
- ❑ Para as entregas normais, a empresa recorre à subcontratação de estafetas, que utilizam as **suas próprias viaturas** para a realização de entregas;
- ❑ Sobre cada estafeta sabemos a **matrícula da viatura**, o **volume máximo** e do **peso máximo** que pode transportar e o **custo de transporte** que será pago pela empresa;
- ❑ Para as entregas expresso, a empresa possui um **única viatura** de capacidade **unitária**, capaz de transportar **um pedido de cada vez**, independentemente do seu volume ou peso;
- ❑ Às entregas expresso está também associado um **tempo estimado de entrega**.

Descrição da solução – Cenário 1

Formalização

Dados de entrada:

- C = conjunto de carrinhas:
 - p_c - peso máximo que a carrinha pode transportar;
 - v_c - volume máximo que a carrinha pode transportar;
 - a_c - indica se a carrinha está atribuída;
- E = conjunto de encomendas:
 - p_e - peso da encomenda;
 - v_e - volume da encomenda;

Variáveis de decisão:

- $\forall c \in C$:
 - e_c - conjunto dos índices das encomendas atribuídas à carrinha:
 - p_{ec} - peso da encomenda;
 - v_{ec} - volume da encomenda;
- N_c = número de carrinhas utilizadas;

Objetivo:

- Minimizar N_c ;

Sujeito a:

$$\forall c \in C, \forall e \in E_c : \sum_{e \in E_c} p_{ec} \leq p_c$$

$$\forall c \in C, \forall e \in E_c : \sum_{e \in E_c} v_{ec} \leq v_c$$

Descrição da solução – Cenário 1

Descrição de Algoritmos Relevantes

O Cenário 1 tem como principal objetivo minimizar o número de estafetas para a entrega de todos os pedidos ou do maior número de pedidos, num dia. Para a realização deste cenário temos de ter em consideração que:

- ☐ Cada estafeta possui um peso e um volume máximo que pode ser transportado;
- ☐ Cada encomenda possui um peso e volume determinado;
- ☐ Nem o peso nem o volume das encomendas transportadas podem exceder a capacidade máxima de um estafeta.

Para a resolução deste problema foi aplicado um **algoritmo ganancioso (greedy algorithm)**.

Descrição da solução – Cenário 1

Análise de Complexidade

Complexidade Temporal

➤ $O(3n + n^2)$.

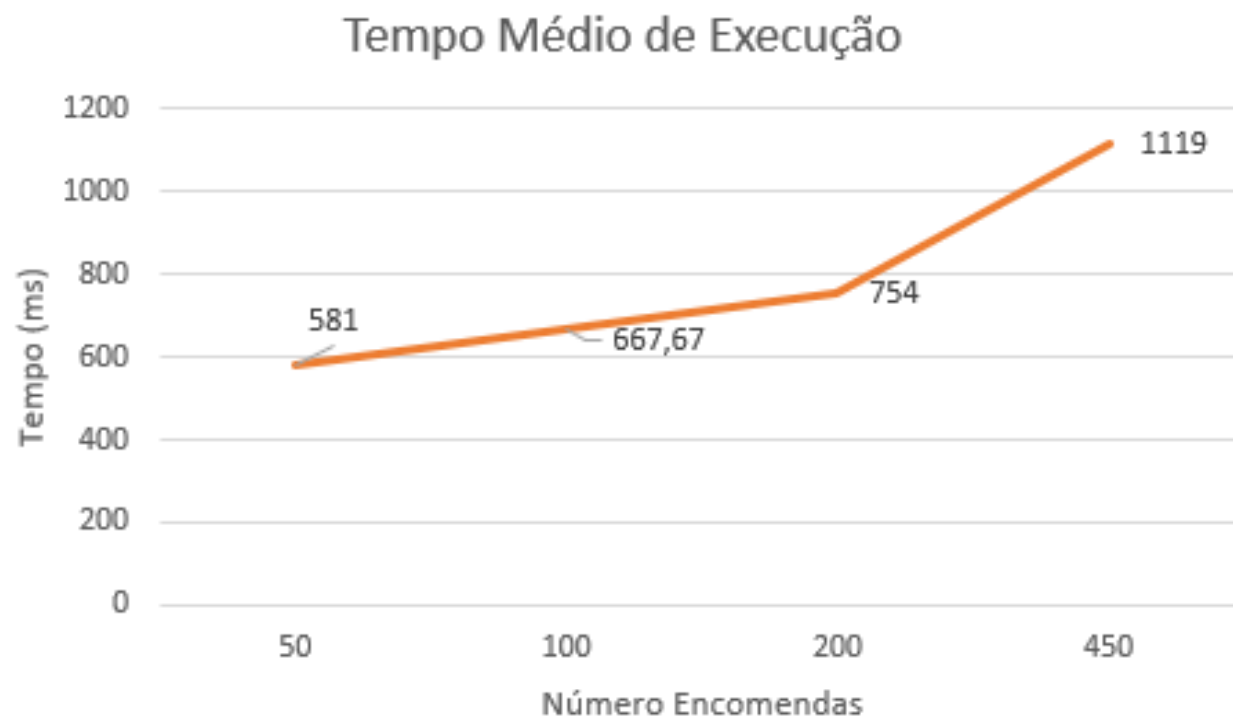
Complexidade Espacial

➤ $O(n)$

Descrição da solução – Cenário 1

Avaliação Empírica

Foram realizados testes com 3 ficheiros de 50 encomendas, 3 ficheiros de 100 encomendas, 2 ficheiros de 200 encomendas e o ficheiro original que foi dado com o enunciado do trabalho com cerca de 450 encomendas, e foram analisados os tempos de execução que se encontram no seguinte gráfico.



Descrição da solução – Cenário 2

Formalização

Dados de entrada:

- C = conjunto de carrinhas:
 - p_c - peso máximo que a carrinha pode transportar;
 - v_c - volume máximo que a carrinha pode transportar;
 - c_c - custo da carrinha;
 - a_c - indica se a carrinha está atribuída;
- E = conjunto de encomendas:
 - p_e - peso da encomenda;
 - v_e - volume da encomenda;
 - r_e - recompensa da encomenda;

Variáveis de decisão:

- $\forall c \in C$:
 - e_c - conjunto de encomendas atribuídas à carrinha:
 - p_{ec} - peso da encomenda;
 - v_{ec} - volume da encomenda;
 - r_{ec} - recompensa da encomenda;
 - l_c - lucro da carrinha;
- Lt = lucro total;

Objetivo:

- $\text{Max } \sum_{c \in C} l_c$

Sujeito a:

$$\forall c \in C : l_c \geq 0$$

$$\forall c \in C, \forall e \in E_c : \sum_{e \in E_c} p_{ec} \leq p_c$$

$$\forall c \in C, \forall e \in E_c : \sum_{e \in E_c} v_{ec} \leq v_c$$

$$\forall c \in C : l_c, e_c \in \mathbb{N}$$

$$l_t \in \mathbb{N}$$

Descrição da solução – Cenário 2

Descrição de Algoritmos Relevantes

No que diz respeito ao Cenário 2, este tem como objetivo maximizar o lucro diário das distribuições fazendo uma correta atribuição das encomendas aos estafetas atendendo que:

- ☐ Cada estafeta cobra um determinado valor por dia;
- ☐ Por cada pedido entregue a empresa recebe uma recompensa;
- ☐ Cada estafeta tem um peso e um volume máximo que pode carregar.

Para a resolução deste problema foi aplicado um **algoritmo ganancioso (greedy algorithm)**.

Descrição da solução – Cenário 2

Análise de Complexidade

Complexidade Temporal

➤ $O(3n + n^2)$.

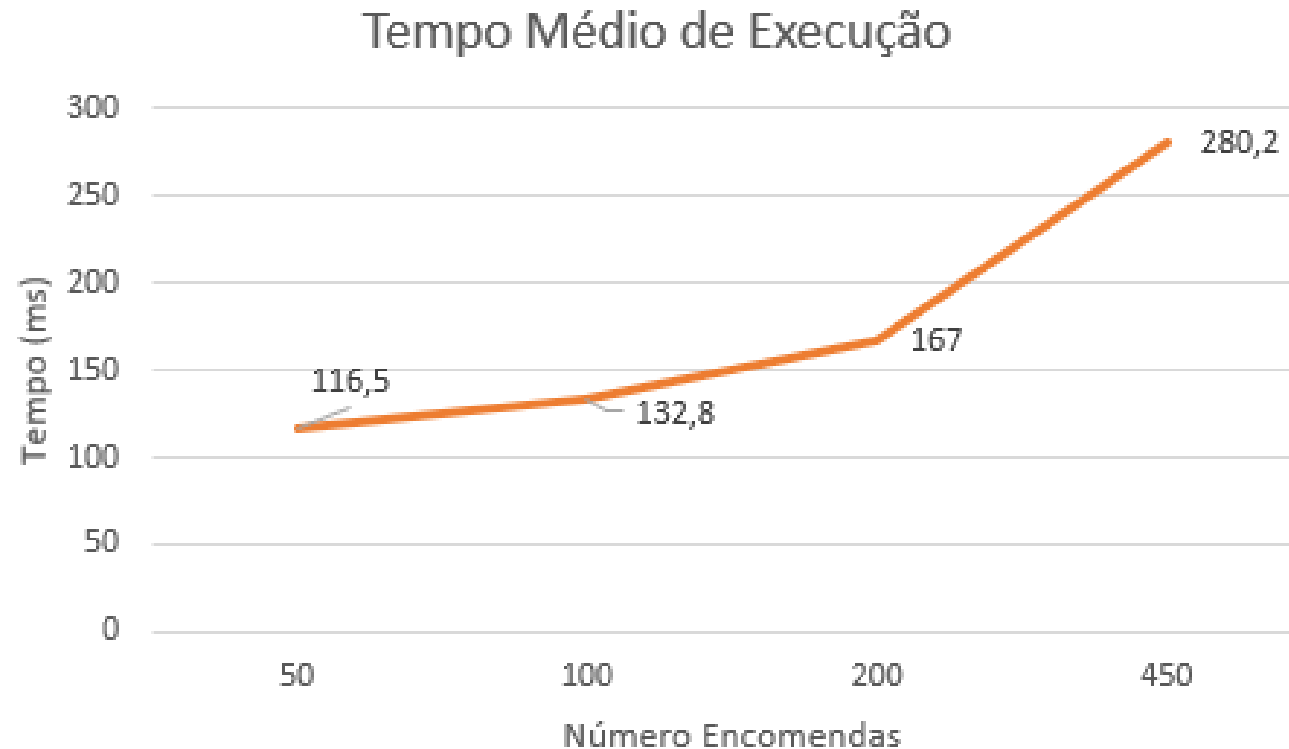
Complexidade Espacial

➤ $O(n)$

Descrição da solução – Cenário 2

Avaliação Empírica

Foram realizados testes com 3 ficheiros de 50 encomendas, 3 ficheiros de 100 encomendas, 2 ficheiros de 200 encomendas e o ficheiro original que foi dado com o enunciado do trabalho com cerca de 450 encomendas, e foram analisados os tempos de execução que se encontram no seguinte gráfico.



Descrição da solução – Cenário 3

Formalização

No Cenário 3, o principal objetivo do problema abordado é **minimizar o tempo médio previsto das entregas expresso** a serem realizadas num dia. A prova de optimalidade para a resolução do mesmo pode ser apresentada da seguinte forma:

- ❑ Entregas expresso ordenadas por ordem de entrega: i_1, i_2, \dots, i_n .
- ❑ Duração de cada entrega d_1, d_2, \dots, d_n , respetivamente.
- ❑ Instantes de conclusão das entregas a realizar é: $c_1 = d_1, c_2 = d_1 + d_2, \dots$
- ❑ Tempo médio de conclusão das entregas:
$$\frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (n - i + 1)d_i}{n} = \frac{(n+1) \sum_{i=1}^n d_i - \sum_{i=1}^n i d_i}{n}$$
- ❑ Se existir $x > y$ tal que $d_x = d_y$, ao fazer uma troca de i_x e i_y na ordem das entregas diminui o tempo médio de conclusão das entregas.
- ❑ Logo, **o tempo médio de conclusão das entregas é minimizado** se as entregas forem ordenadas da seguinte forma: $d_1 \leq d_2 \leq \dots \leq d_n$.

Descrição da solução – Cenário 3

Descrição de Algoritmos Relevantes

No Cenário 3, o principal objetivo do problema abordado é **minimizar o tempo médio previsto das entregas expresso** a serem realizadas num dia tendo em consideração vários fatores, tais como:

- ☐ A empresa utiliza uma **única viatura** para as entregas expresso;
- ☐ A viatura utilizada possui **capacidade unitária** e realiza entregas de um **único pedido a cada viagem** efetuada, independentemente do volume e peso da entrega;
- ☐ Cada pedido tem o seu tempo estimado de entrega;
- ☐ As entregas expresso têm um **horário comercial de 8 horas** (9:00 às 17:00) para serem entregues;
- ☐ A empresa deseja entregar o **número máximo de pedidos** de entregas expresso **no dia**.

Para a resolução deste problema foi aplicado um **algoritmo ganancioso (greedy algorithm)**. Este problema trata-se, então, de um problema de escalonamento para minimizar o tempo médio de conclusão.

Descrição da solução – Cenário 3

Análise de Complexidade

Complexidade Temporal

➤ $O(n \log(n) + 2n)$

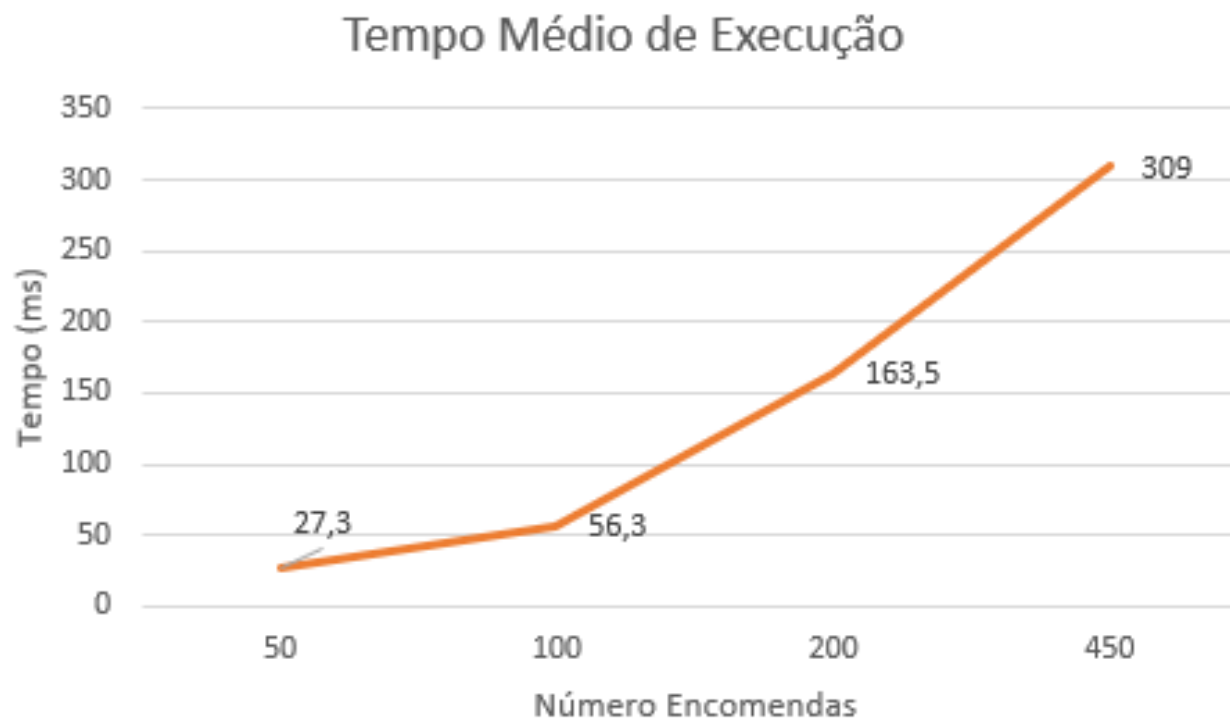
Complexidade Espacial

➤ $O(n)$

Descrição da solução – Cenário 3

Avaliação Empírica

Foram realizados testes com 3 ficheiros de 50 encomendas, 3 ficheiros de 100 encomendas, 2 ficheiros de 200 encomendas e o ficheiro original que foi dado com o enunciado do trabalho com cerca de 450 encomendas, e foram analisados os tempos de execução que se encontram no seguinte gráfico.



Funcionalidades Extra

“Medir a eficiência da operação da empresa, em termos do quociente entre o número de pedidos efetivamente entregues e o número de pedidos recebidos num dia”

Para verificar o quociente entre o número de pedidos efetivamente entregues e o número de pedidos recebidos num dia, foram feitos os testes usando o ficheiro “encomendas.txt” que foi entregue juntamente com o enunciado do trabalho e verificou-se o seguinte:

- Cenário 1 apresentou um quociente de valor 1.
- Cenário 2 apresentou um quociente de valor 0,728889.
- Cenário 3 apresentou um quociente de valor 0,275556.

Podemos concluir que o Cenário 1 é o que apresenta melhor quociente na relação pedidos recebidos/pedidos entregues e o Cenário 3 apresenta o pior quociente. Estes valores devem-se ao facto de no Cenário 1 a empresa possuir várias carrinhas para a entrega das encomendas enquanto que no Cenário 3 a empresa além de ter um horário comercial de 8 horas, possuía apenas uma carrinha para a entrega das encomendas e que apenas fazia uma entrega por viagem.

Solução algorítmica a merecer destaque

Algoritmo do Cenário 1

O método de ordenação que utiliza a soma de volume e peso mostrou-se melhor em praticamente todos os resultados. Havendo 5 casos em que ambas as formas mostraram os mesmos resultados. Ou seja, podemos concluir que ordenar as carrinhas e encomendas pela soma de peso e volume é mais eficiente.

Nota: O Primeiro Teste foi realizado com ficheiros nos seguintes intervalos:

Carrinhas: Peso Máximo e Volume Máximo: Entre 250 e 380

Encomendas: Peso e Volume: Entre 30 e 80

Num Segundo Teste foram utilizados valores mais altos para peso e volume das encomendas, **com um intervalo de 20 a 40. Os valores das carrinhas se mantiveram iguais.**

Percebemos que ambas as formas de ordenação mostraram resultados repetidos muito mais vezes, o que nos leva a entender que quanto maior a soma do peso e volume menor a eficiência e mais próximo este método fica do primeiro método em termos de resultado.

```
gabrieltrucco@gabrielts-hbr-2
51 -> Somando peso e volume
51 -> Priorizando peso

53 -> Somando peso e volume
60 -> Priorizando peso

63 -> Somando peso e volume
70 -> Priorizando peso

59 -> Somando peso e volume
65 -> Priorizando peso

58 -> Somando peso e volume
58 -> Priorizando peso

48 -> Somando peso e volume
53 -> Priorizando peso

65 -> Somando peso e volume
68 -> Priorizando peso

58 -> Somando peso e volume
66 -> Priorizando peso

36 -> Somando peso e volume
41 -> Priorizando peso

46 -> Somando peso e volume
50 -> Priorizando peso

50 -> Somando peso e volume
50 -> Priorizando peso

49 -> Somando peso e volume
56 -> Priorizando peso

34 -> Somando peso e volume
39 -> Priorizando peso

44 -> Somando peso e volume
48 -> Priorizando peso

61 -> Somando peso e volume
61 -> Priorizando peso

39 -> Somando peso e volume
45 -> Priorizando peso
```

Primeiro Teste

```
gabrieltrucco@gabrielts-hbr-2
67 -> Somando peso e volume
71 -> Priorizando peso

70 -> Somando peso e volume
73 -> Priorizando peso

72 -> Somando peso e volume
72 -> Priorizando peso

74 -> Somando peso e volume
74 -> Priorizando peso

62 -> Somando peso e volume
62 -> Priorizando peso

63 -> Somando peso e volume
63 -> Priorizando peso

83 -> Somando peso e volume
83 -> Priorizando peso

69 -> Somando peso e volume
69 -> Priorizando peso

69 -> Somando peso e volume
69 -> Priorizando peso

59 -> Somando peso e volume
59 -> Priorizando peso

85 -> Somando peso e volume
85 -> Priorizando peso

64 -> Somando peso e volume
66 -> Priorizando peso

64 -> Somando peso e volume
64 -> Priorizando peso
```

Segundo Teste

Principais dificuldades & Esforço de cada elemento

O grupo conseguiu executar todas as tarefas propostas para o trabalho em questão, implementando ainda a funcionalidade extra “Medir a eficiência da operação da empresa, em termos do quociente entre o número de pedidos efetivamente entregues e o número de pedidos recebidos num dia”.

A principal dificuldade foi perceber qual o algoritmo que melhor se adequa aos diferentes cenários que tivemos de implementar para tentar obter a melhor solução possível para cada um.

Apesar das dificuldades encontradas podemos afirmar que após a realização do trabalho conseguimos perceber melhor cada um dos algoritmos estudados na disciplina de Desenho de Algoritmos, assim como a utilização dos diferentes tipos de algoritmos, e em que situações melhor se adequa o uso dos mesmos para melhorar o resultado que se pretende atingir.

O trabalho foi dividido de maneira igual por todos os elementos do grupo e todos contribuíram para o sucesso do mesmo.

- Gabriel Rocco: 33.3%
- Guilherme Freire: 33.3%
- Rafael Alves: 33.3%