DA – Projeto 1 G12

Logística Urbana para Entrega de Mercadorias

Realizado por:

João Pereira
Jorge Sousa
Nuno Pereira

Problema

- A empresa tem estafetas ao seu dispor para efetuar a entrega de encomendas não-expresso. Cada estafeta tem um limite de peso e volume que pode transportar.
- A empresa tem uma carrinha para a entrega de encomendas expresso sem limite de peso ou volume.
- A cada encomenda entregue está associada uma recompensa.
- Cada estafeta tem um custo.
- O objetivo é tornar as operações de logística urbana da empresa o mais eficiente possível, tendo em conta diferentes cenários:
  - Otimização do número de estafetas
  - Otimização do lucro da empresa
  - Otimização das entregas expresso

Cenário 1 - Formalização

- Maximizar $\sum_{i=1}^{n} X_i$, em que X_i é 1 se a encomenda i foi entregue, senão 0.
- Minimizar $\sum_{i=1}^{n} Y_i$, em que Y_i é 1 se o estafeta i foi usado, senão 0.
- Sujeito a:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} p_{\mathrm{i}} \cdot z_{ji} \leq P_j \\ \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot z_{ji} \leq V_j \\ p_i, v_i, P_j, V_j \in \mathbb{N}^+ \\ X_i, Y_i, z_{ij} \in \{0, 1\} \end{cases}$$

onde:

- P_j é o peso máximo que o estafeta j pode transportar
- p_i é o peso da encomenda i
- V_j é o volume máximo que o estafeta j pode transportar
- v_i é o volume da encomenda i
- z_{ji} é 1 se a encomenda i pertence ao estafeta j, senão 0

Cenário 1 – Algoritmos relevantes

- Implementamos 3 variantes para este cenário.

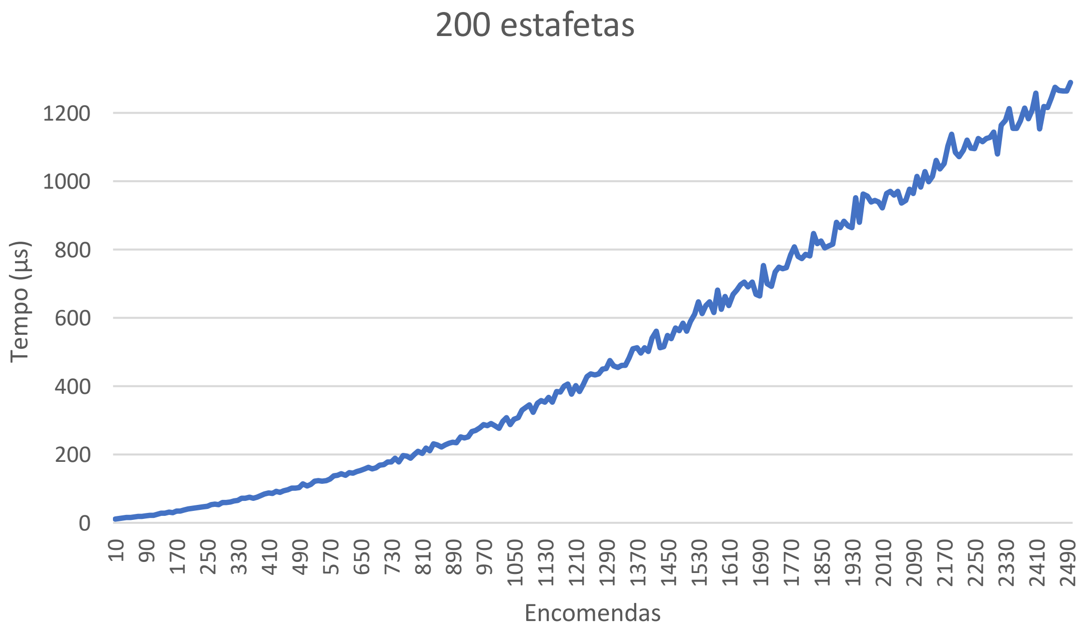
1. Na primeira, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de volume e as encomendas por:
   - Ordem crescente de volume
   - Ordem decrescente de volume
2. Na segunda, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de peso e as encomendas por:
   - Ordem crescente de peso
   - Ordem decrescente de peso
3. Na terceira, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de

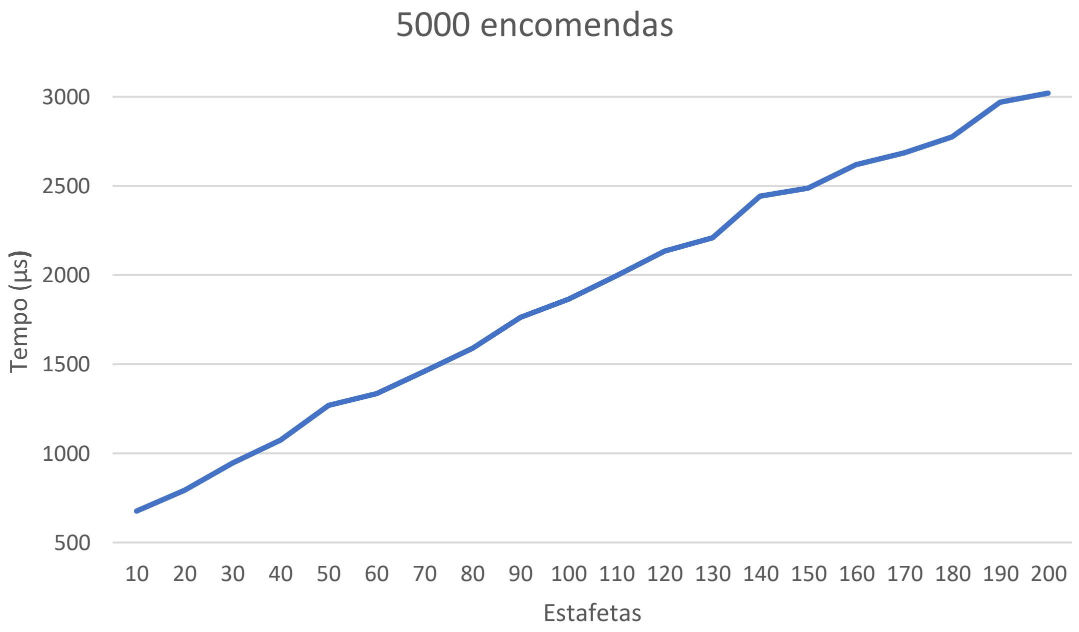
   peso · volume e as encomendas por:
   - Ordem crescente de peso · volume
   - Ordem decrescente de peso · volume

- Esta solução é baseada no algoritmo First Fit Bin Packing.

Cenário 1 – Análise da complexidade

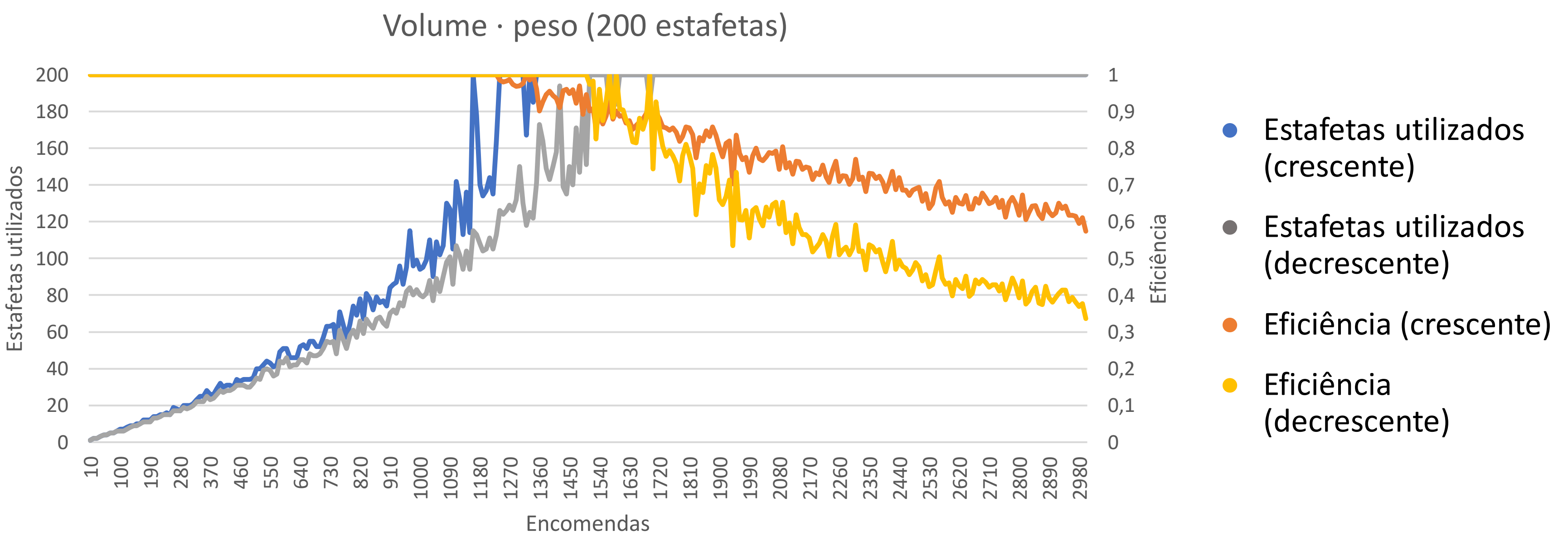
- As ordenações têm complexidade O(V log V + E log E).
- A atribuição de encomendas a estafetas tem complexidade O(V · E) no pior dos casos, em que V representa os estafetas e E as encomendas.





Cenário 1 - Resultados

- As variantes baseadas em volume · peso apresentam sempre os melhores resultados.
- Caso a eficiência seja 100%, ordenar por ordem decrescente utiliza menos estafetas. Caso contrário ordenar por ordem crescente apresenta melhor eficiência.



Cenário 2 - Formalização

- Maximizar $\sum_{i=1}^{n} R_i \cdot z_i$ - $\sum_{\mathrm{j}=1}^{m} C_j \cdot y_j$, em que R_i representa a recompensa da encomenda i, z_i é 1 se a encomenda é entregue, senão 0; C_j representa o custo do estafeta j, y_j é 1 se o estafeta j é usado, senão 0.
- Maximizar $\sum_{i=1}^{n} X_i$, em que X_i é 1 se a encomenda i foi entregue, senão 0.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} p_i \cdot z_{ji} \leq P_j \\ \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot z_{ji} \leq V_j \\ p_i, v_i, P_j, V_j, R_i, C_j \in \mathbb{N}^+ \\ X_i, z_{ij}, y_j, z_i \in \{0, 1\} \end{cases}$$

onde:

- P_j é o peso máximo que o estafeta j pode transportar
- p_i é o peso da encomenda i
- V_j é o volume máximo que o estafeta j pode transportar
- v_i é o volume da encomenda i
- z_{ji} é 1 se a encomenda i pertence ao estafeta j, senão 0

Cenário 2 – Algoritmos relevantes

- Implementamos 3 variantes para este cenário.

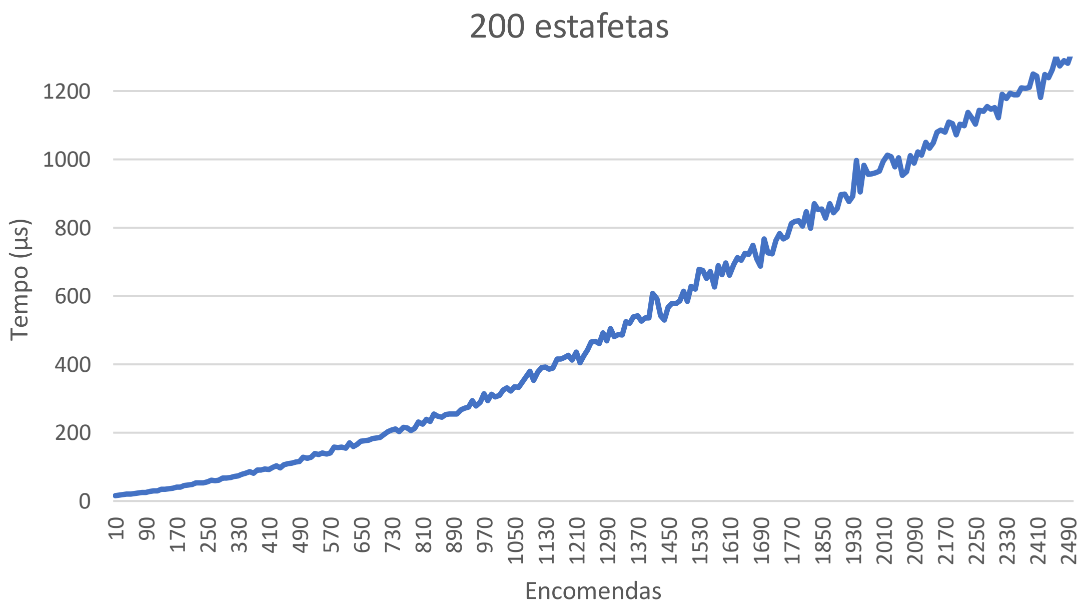
1. Na primeira, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de volume / custo e as encomendas por:
   - Ordem crescente de volume
   - Ordem decrescente de volume
2. Na segunda, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de peso / custo e as encomendas por:
   - Ordem crescente de peso
   - Ordem decrescente de peso
3. Na terceira, ordenamos os estafetas por ordem decrescente de

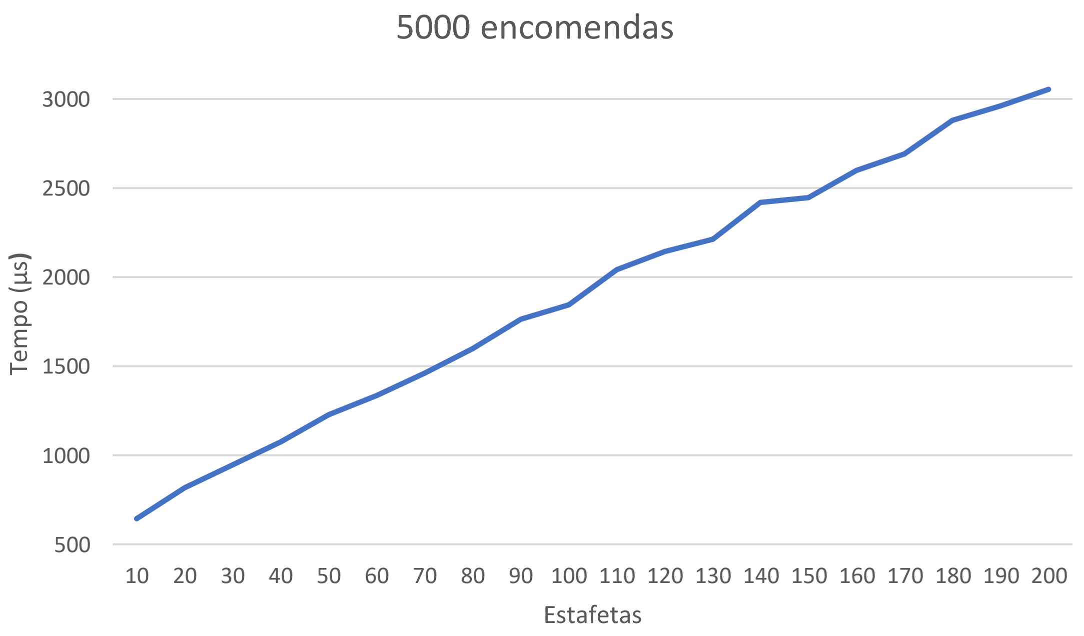
   peso · volume / custo e as encomendas por:
   - Ordem crescente de peso · volume
   - Ordem decrescente de peso · volume

- Esta solução é baseada no algoritmo First Fit Bin Packing.

Cenário 2 – Análise da complexidade

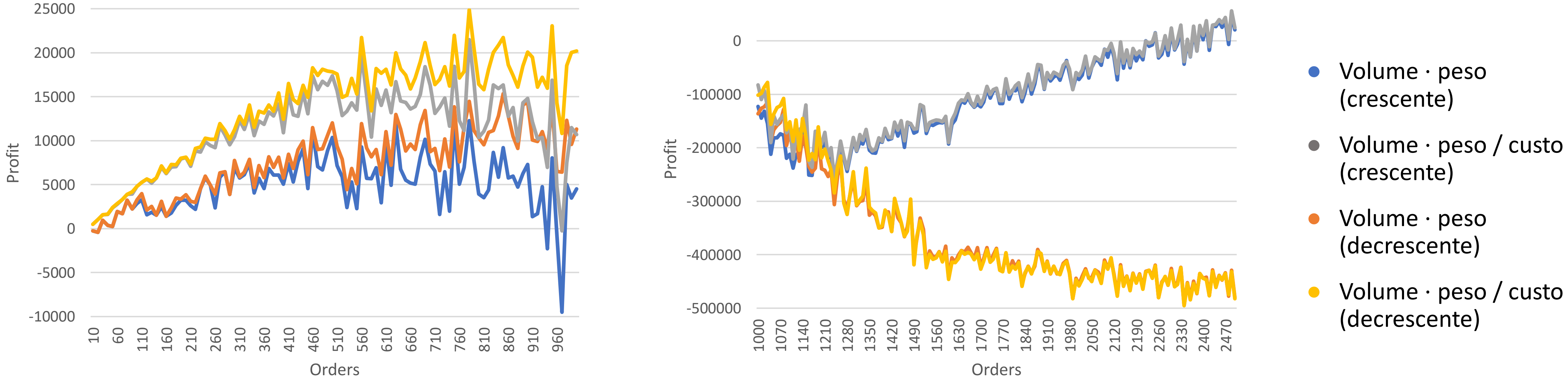
- As ordenações têm complexidade O(V log V + E log E).
- A atribuição de encomendas a estafetas tem complexidade O(V · E) no pior dos casos, em que V são os estafetas e E as encomendas.





Cenário 2 - Resultados

- As variantes baseadas em volume · peso apresentam sempre os melhores resultados.
- Caso a eficiência seja 100%, ordenar por ordem decrescente e ter em conta o custo apresenta maior lucro. Caso contrário ordenar por ordem crescente apresenta melhor lucro e utilizar o custo ou não é semelhante



Cenário 3 - Formalização

- Maximizar $\sum_{i=1}^{n} X_i$, em que X_i é 1 se a encomenda i foi entregue, senão 0.
- Minimizar $\frac{\sum_{i=1}^{n} T_i \cdot z_i}{n}$, em que T_i é o tempo de entrega da encomenda i, z_i é 1 se a encomenda é entregue, senão 0.

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} p_i \cdot z_{ij} \leq P_j \\ \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot z_{ij} \leq V_j \\ \sum_{i=1}^{n} T_i \leq 8 \cdot 60 \cdot 60 \\ p_i, v_i, P_j, V_j, T_i \in \mathbb{N}^+ \\ X_i, z_{ij} \in \{0, 1\} \end{cases}$$

onde:

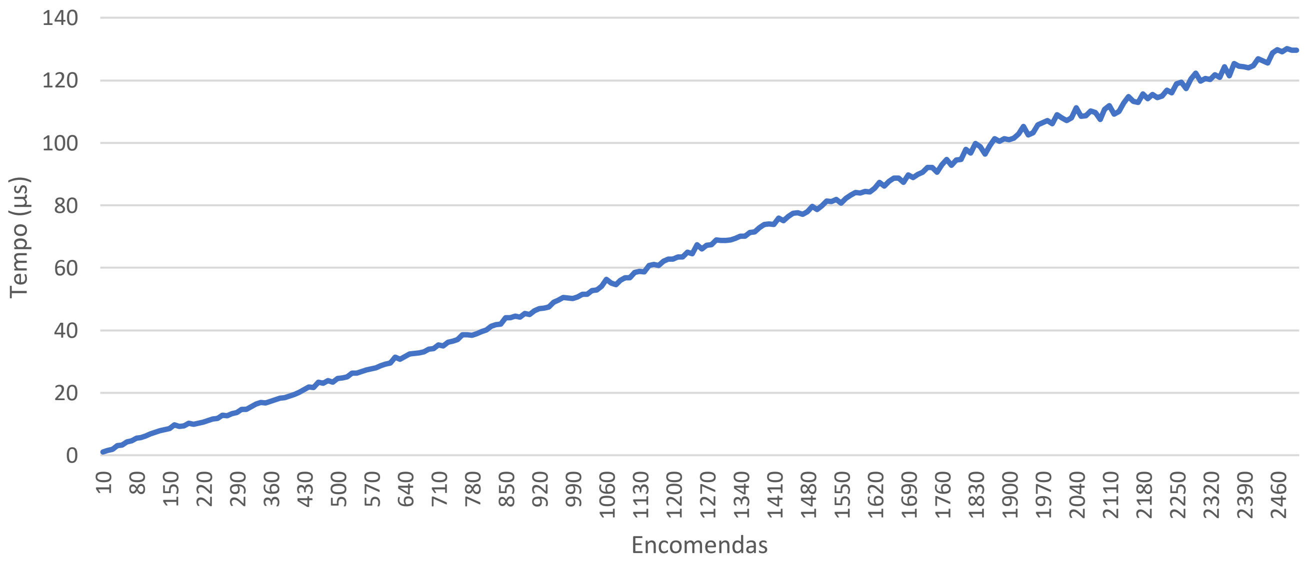
- P_j é o peso máximo que o estafeta j pode transportar
- p_i é o peso da encomenda i
- V_j é o volume máximo que o estafeta j pode transportar
- v_i é o volume da encomenda i
- z_{ij} é 1 se a encomenda i pertence ao estafeta j, senão 0

Cenário 3 – Algoritmos relevantes

- Ordenamos as encomendas por ordem crescente de tempo de entrega.
- Enquanto a soma dos tempos de entrega das encomendas não excede 8 horas, selecionamos encomendas para serem entregues.

Cenário 3 – Análise da complexidade

- A complexidade temporal da ordenação das encomendas é O(E log E), em que E representa o número de encomendas.
- A complexidade temporal da seleção de encomendas para serem entregues é O(E).



Cenário 3 - Resultados

- Desta forma, estamos a maximizar o número de encomendas entregues enquanto mantemos o tempo médio de entrega o mínimo possível.

Funcionalidade extra

- Implementamos a geração de datasets com parâmetros variáveis que seguem uma distribuição uniforme, como, por exemplo:
  - Número de estafetas
  - Número de encomendas
  - Pesos mínimos e máximos
  - Volumes mínimos e máximos
  - Custos mínimos e máximos, para estafetas
  - Recompensas mínimas e máximas, para encomendas
  - Durações mínimas e máximas, para encomendas
- Deste modo, conseguimos testar os nossos algoritmos de maneira mais eficiente e com maior precisão.

Solução algorítmica em destaque

- Consideramos a utilização do algoritmo First Fit Bin Packing, nomeadamente nos cenários 1 e 2, a solução algorítmica de destaque no nosso projeto.

Principais dificuldades

- Conseguir traduzir algoritmos para código em C++.

Esforço

- João Pereira – 33,3 %
- Jorge Sousa – 33,3 %
- Nuno Pereira – 33,3 %