

Projeto da Unidade Curricular

Primeiro Trabalho de Grupo (T1)

Logística Urbana para Entrega de Mercadorias

A logística urbana é a área que se ocupa da movimentação de mercadorias e determina os modelos e os métodos para o seu transporte em áreas urbanas. Refere-se a todos os movimentos dentro de um distrito da cidade, tanto em termos do fornecimento a clientes finais, assim como em termos de abastecimento da indústria ou comércio de retalho. Dado o crescimento da adoção do comércio eletrónico em muito motivado pelas novas plataformas digitais, assim como pelos



diversos períodos de confinamento durante a pandemia, a gestão de entregas de mercadorias, principalmente na sua fase final, tem experimentado várias transformações. A última jornada de entrega (last-mile delivery) refere-se, portanto, ao transporte das mercadorias a partir de depósitos de distribuição, localizados nas zonas distritais da cidade de destino, até à morada do cliente final. Este transporte é realizado por empresas especializadas, que mantêm a sua própria frota de veículos ou recorrem à subcontratação de empresas menores, ou mesmo de particulares, num modelo de crowdsourcing.

Neste contexto, uma empresa com base tecnológica pretende inovar, criando uma plataforma eletrónica de *crowdsourcing* para a entrega de mercadorias em zonas urbanas. A empresa tem o seu próprio *armazém*, onde recebe e mantém as mercadorias enviadas pelos fornecedores, que ficam a aguardar o transporte para o destino final. A empresa realiza dois tipos de serviços, nomeadamente a *entrega normal* e a *entrega expresso*. Aos *pedidos* de transporte submetidos pelos fornecedores estão associados o tipo de transporte contratado (i.e. normal ou expresso), o peso e o volume do pacote a transportar, assim como o valor que a empresa receberá como *recompensa* pela realização do serviço.

Para as entregas normais, que são os pedidos em maior número e não precisam de ser entregues no mesmo dia, a empresa recorre à subcontratação de *estafetas*, que utilizam as suas próprias viaturas para a realização de entregas. Desta forma, a empresa não precisa manter uma frota alargada de veículos. Os estafetas registam-se na plataforma da empresa, indicando, entre outras possíveis informações, a matrícula da viatura, a sua capacidade de transporte, definida em termos do volume máximo (*volMax*) e do peso máximo (*pesoMax*) que pode transportar, e o *custo* de transporte que será pago pela empresa. Para as entregas expresso, a empresa mantém no armazém uma viatura de capacidade unitária, capaz de transportar um pedido de cada vez, independentemente do seu volume ou peso. Aos pedidos de entrega expresso está também associado um tempo estimado de entrega, que corresponde ao tempo que a viatura da empresa leva para realizar o pedido, transportando a mercadoria até ao destino final e regressando ao armazém.

Com base na descrição acima, pretende-se especificar e implementar a plataforma de gestão da empresa de logística urbana, com o objetivo de tornar a sua operação o mais eficiente possível. Neste primeiro trabalho de grupo, serão desconsiderados os caminhos possíveis entre o armazém e as moradas dos destinatários finais das entregas. O objetivo principal será explorar diferentes formas de distribuir os vários pedidos pelos estafetas registados na plataforma, no caso dos pedidos normais, assim como a sequência de entregas dos pedidos expresso. Como sugestão, podem associar este trabalho a formulações de problemas combinatórios clássicos como *bin packing*, *0-1 knapsack*, *job scheduling*, entre outros que possam entender apropriados.

Considerações sobre Modelação e Implementação

Dentre as várias funcionalidades que podem ser consideradas para a plataforma digital da empresa, pretende-se particularmente explorar os seguintes cenários:

Cenário 1: otimização do número de estafetas

Considerando que os estafetas registados na plataforma estão sempre disponíveis para a realização de entregas normais, a empresa necessita distribuir os pedidos de entregas normais acumulados para um determinado dia entre os estafetas. A distribuição dos pedidos deve ser otimizada de forma a minimizar o número de estafetas a utilizar. Considera-se também que os estafetas só realizam uma viagem por dia, deve-se portanto maximizar o número de pedidos a transportar por um estafeta numa jornada. Os pedidos que não puderem ser transportados num dia, são descartados e retornam ao fornecedor.

Entre outros dados de entrada que se possam considerar, deve-se incluir:

- Conjunto de estafetas registados, E , com capacidade de volume v_e e de peso w_e ;
- Conjunto de pedidos a entregar, P , com volume v_p e peso w_p ;

O objetivo principal é minimizar o número de estafetas para a entrega de todos os pedidos ou do maior número de pedidos, num dia.

Cenário 2: otimização do lucro da empresa

Considere agora que os estafetas cobram uma determinada quantia pelo número total de pedidos entregues num dia, constituindo um custo para a empresa. Pela entrega de cada pedido, a empresa também recebe uma receita, que lhe é paga por quem solicitou o pedido. Pretende-se, portanto, dentre os estafetas registados na plataforma, selecionar aqueles que, para os pedidos de um determinado dia, irão maximizar o lucro da empresa naquele dia, que será a diferença entre a receita total dos pedidos entregues e a despesa correspondente ao custo total a ser pago pelas entregas aos estafetas. Novamente, no caso de não haver capacidade total de transporte suficiente ou das despesas serem superiores às receitas, os pedidos que não puderem ser transportados num dia são descartados e retornam ao fornecedor.

Entre outros dados de entrada que se possam considerar, deve-se incluir:

- Conjunto de estafetas, E , com capacidade de volume v_e , peso w_e , e custo c_e ;
- Conjunto de encomendas, P , com volume v_p , peso w_p , e recompensa r_p ;

O objetivo principal é maximizar o lucro da empresa (diferença entre a receita total e o custo total) para a entrega de todos os pedidos ou do maior número de pedidos, num dia, pelos estafetas selecionados.

Cenário 3: otimização das entregas expresso

Como descrito anteriormente, para as entregas expresso, a empresa utiliza uma única viatura, com capacidade unitária, realizando entregas de um único pedido a cada viagem, independentemente do seu volume ou peso. Os pedidos passam a indicar um tempo estimado de entrega, correspondendo ao tempo total necessário para o veículo da empresa entregar o pedido no destino final e regressar ao armazém. As entregas expresso só podem ser entregues durante o horário comercial, das 9:00 às 17:00. Para o máximo número de pedidos de entregas expresso, a empresa pretende minimizar o tempo médio dessas entregas num dia. Os pedidos que não puderem ser transportados num dia, são descartados e retornam ao fornecedor.

Entre outros dados de entrada que se possam considerar, deve-se incluir:

- Conjunto de pedidos expresso, P , com volume v_p , peso w_p , e tempo estimado de entrega t_p ;

O objetivo principal é minimizar o tempo médio previsto das entregas expresso a serem realizadas num dia.

Funcionalidades extra

Para além dos cenários principais descritos acima, os grupos poderão considerar a possibilidade de implementação de funcionalidades extra como, por exemplo:

- 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;
- Transferir os pedidos não entregues para o dia seguinte, e passar a priorizar os pedidos mais antigos;
- Considerar outros indicadores de desempenho a otimizar, como por exemplo equilibrar o número de pedidos atribuídos aos estafetas;
- Considerar outras restrições, como por exemplo a disponibilidade dos estafetas.

Material de Apoio

São fornecidos dois *datasets* de apoio à realização do projeto, descritos a seguir:

carrinhas.txt: contém 50 instâncias de carrinhas, que podem ser associadas aos estafetas. As carrinhas são descritas pela sua capacidade de carga (*volMax* e *pesoMax*) e pelo custo de transporte, com o seguinte cabeçalho.

<volMax> <pesoMax> <custo>

encomendas.txt: contém 450 instâncias de encomendas, que podem ser associadas aos pedidos de entrega. As encomendas são descritas pelo seu volume e peso, e também pelo valor a ser pago à empresa pela sua entrega e tempo estimado de duração da entrega, com o seguinte cabeçalho.

<volume> <peso> <recompensa> <duracao>

Ambos os *datasets* podem ser utilizados tanto para pedidos normais como para pedidos expresso, considerando-se os campos apropriados. Os *datasets* poderão ser manipulados, estendidos e editados da forma como os grupos julgarem mais adequada, de acordo com as soluções que propõem implementar. Outros *datasets* poderão também ser considerados e utilizados pelos grupos.

SUGESTÃO: Para efeitos de teste, sugere-se que os estudantes utilizem uma versão mais reduzida dos *datasets*, ou criem *datasets* com valores que facilitem a deteção de erros nos algoritmos ou de implementação. Para efeitos da análise empírica do desempenho dos algoritmos implementados, sugere-se a geração de subconjuntos de diferentes tamanhos, com instâncias selecionadas aleatoriamente dos *datasets* fornecidos.

Considerações sobre Estrutura e Entrega

Para além da implementação da solução proposta, com código devidamente comentado, os grupos deverão documentar o projeto de forma objetiva e sucinta, numa apresentação (diapositivos), incluindo:

- Descrição objetiva e sucinta dos problemas abordados no projeto;
- Formalização dos problemas como problemas de otimização com restrições, com os formalismos apropriados para a indicação dos dados de entrada e resultados, variáveis de decisão, funções-objetivo, restrições, e respetivos domínios de valores para as variáveis;
- Seleção e implementação de estruturas de dados e algoritmos, com a justificação para as escolhas realizadas;
- Análise da complexidade temporal e espacial das soluções implementadas;
- Avaliação empírica (com diferentes tamanhos de *input*) e discussão;
- Conclusões, incluindo limitações dos algoritmos e oportunidades para melhorias, principais dificuldades encontradas durante o desenvolvimento, e indicação das participações e contribuições dos elementos do grupo.

Para a demonstração do trabalho, os grupos devem preparar-se adequadamente, tendo em atenção as seguintes sugestões:

- Seleção das funcionalidades que melhor representam e realçam os algoritmos implementados e o seu funcionamento;
- Preparação prévia de exemplos adequados que demonstrem o correto funcionamento dos algoritmos, de acordo com as restrições, funções-objetivo, e resultados esperados;
- Introdução prévia de dados a partir da leitura de ficheiros, evitando-se introdução excessiva de dados por linha de comando.