

COM10393 – MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO

TRABALHO I

O objetivo geral deste trabalho consiste em iniciar a modelagem e implementação de meta-heurísticas para resolução do problema *Dial-a-Ride* (DARP).

No caso específico deste trabalho, o DARP considerado tem como escopo o transporte de pessoas portadoras de necessidades especiais (PPNEs), considerando dados da região da grande Vitória no Espírito Santo (Serviço Especial Mão na Roda - <https://ceturb.es.gov.br/mao-na-roda>).



Ano	Ligações Atendidas	Viagens Realizadas	Km Percorrida
2011	115.833	91.108	1.616.426
2012	126.600	88.842	1.631.105
2013	139.246	88.131	1.569.994
2014	157.244	95.440	1.689.301
2015	153.895	96.128	1.699.593

Nesse problema, vans e/ou micro-ônibus adaptados são utilizados para atender a um conjunto de requisições para transportar PPNEs entre locais determinados pelas mesmas, definidos a priori via ligação telefônica ou *web*.

Os veículos (vans e micro-ônibus) operam num sistema de “lotação”, no qual os mesmos podem atender a várias PPNEs simultaneamente, mas sempre respeitando a sua capacidade de assentos disponíveis. Assim, os veículos devem sair de uma garagem, executar sua “rota” e retornar à garagem.

Cada PPNE “agenda” uma “requisição de transporte”, que corresponde ao seu local de origem (local de embarque) e seu local de destino (local de desembarque). Além disso, a PPNE especifica intervalos de horários (janelas de tempo) para que o veículo a atenda, tanto na sua origem quanto no seu destino. A PPNE também especifica o número de assentos que necessita no veículo (possíveis acompanhantes, por exemplo). O embarque e desembarque de cada PPNE ainda demanda um tempo (“tempo de serviço”), o qual deve ser considerado também durante a rota.

Assim, o objetivo do DARP abordado é programar as rotas para um conjunto de veículos atendendo todas as requisições de transportes das PPNEs e minimizando cinco termos:

- O número de veículos utilizados para atender todas as PPNEs;
- A distância total percorrida por todos os veículos;
- O tempo total de duração das rotas;
- O tempo total de viagem das PPNEs;
- O tempo total de espera das PPNEs.

Logo, considerando um problema com V veículos disponíveis e R requisições de transporte (PPNEs) a serem atendidas, a função objetivo para o DARP em questão pode ser resumida da seguinte forma:

$$fo = \omega_1 NV + \omega_2 \sum_{v=1}^V DST_v + \omega_3 \sum_{v=1}^V (HC_v - HS_v) + \omega_4 \sum_{r=1}^R (HD_r - HE_r) + \omega_5 \sum_{r=1}^R TE_r$$

Em que:

- Os valores ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 e ω_5 são “pesos” utilizados para ponderar os diferentes termos da função objetivo. Nesse trabalho, deverão ser utilizados os valores 10, 1, 0, 0 e 0, respectivamente.
- NV indica o número de veículos utilizados;
- DST_v indica a distância percorrida pelo veículo v . Neste trabalho, será o próprio tempo de deslocamento dos veículos entre os locais;
- HC_v e HS_v indicam, respectivamente, os horários em que o veículo v chega (no final da rota) e sai (no início da rota) da garagem;
- HD_r e HE_r indicam, respectivamente, os horários de desembarque e embarque da PPNE que solicitou a requisição r ;
- TE_r indica o tempo em que a PPNE que solicitou a requisição r fica esperando dentro do veículo.

Para que uma solução seja considerada viável, o conjunto de restrições apresentados a seguir deve ser atendido. Caso alguma dessas restrições não seja “tratada” na modelagem do problema, a mesma deverá ser considerada na função objetivo (relaxação por penalização).

1. Cada requisição de transporte só poderá ser atendida por um único veículo.
2. O número de PPNEs transportadas simultaneamente não pode exceder o número de assentos disponíveis nos veículos.
3. O veículo deve atender às PPNEs (no embarque e no desembarque) dentro dos horários pré-estabelecidos. Caso o veículo chegue antes do horário, o mesmo deverá aguardar (tempo de espera), e caso o veículo chegue após o horário, a solução se torna inviável.
4. O tempo total em que o veículo está em movimento (duração da rota) não pode ultrapassar um limite pré-determinado.
5. O tempo máximo que uma PPNE permanece dentro do veículo (tempo de viagem da PPNE) não pode ultrapassar um limite, também pré-estabelecido.
6. O tempo máximo que uma PPNE pode ficar dentro do veículo aguardando por outra PPNE (tempo de espera da PPNE) não pode ultrapassar um limite, também pré-estabelecido.
7. O veículo só poderá sair da garagem após seu horário de abertura, e deverá retornar antes do seu horário de fechamento.

Como entrada de dados, deverão ser consideradas 3 instâncias (problemas teste) distintas: *darpl*, *darpl2* e *darpl3*, com 20, 30 e 50 requisições de transporte respectivamente. Essas instâncias estão em arquivos .txt (anexos a este documento), e seu formato é apresentado no quadro abaixo. A partir do número de requisições, tem-se o número total de “locais”, sendo que cada requisição é definida por um local de embarque e outro de desembarque. Assim, considerando, por exemplo, r requisições, existirão $(r \times 2) + 2$ locais, sendo o primeiro e o último indicando, respectivamente, a garagem da qual os veículos deverão sair no início da rota e a garagem na qual os veículos deverão retornar no final da rota. Exceto para as garagens, o local $r + 1$ corresponde ao ponto de desembarque da requisição 1, e assim por diante.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">– #veículos #requisições #duração máxima de uma rota (min) #tempo máximo de viagem (min) #tempo máximo de espera (min)– Vetor com a capacidade (número de assentos disponíveis) dos veículos– Vetor com o número de assentos em cada local (0: não entra nem sai ninguém; 1: entra uma pessoa; -1: sai uma pessoa)– Vetor com o tempo de serviço (embarque ou desembarque) para a PPNE entrar ou sair do carro em cada local (min)– Vetor com o início das janelas de tempo para cada local (incluindo as garagens - min)– Vetor com o término das janelas de tempo para cada local (incluindo as garagens - min)– Matriz com os tempos de deslocamento (min) entre todos os locais (incluindo a garagens) |
|--|

A descrição do DARP e as demais informações apresentadas até então deverão ser utilizadas para realização tanto deste trabalho (Trabalho I) quanto do Trabalho II. Neste trabalho, deverá ser iniciada a modelagem para resolução do DARP por meio de meta-heurísticas. Para isso, deverá ser implementado um código, preferencialmente na linguagem C/C++, que contemple as seguintes características:

- Parâmetro: instância a ser considerada.
- Procedimento ou função para leitura da instância.
- Estruturas de dados necessárias para armazenar os dados de entrada.
- Estruturas de dados para armazenar uma solução. O código deve ser capaz de armazenar várias soluções diferentes.
- Procedimento ou função para criação de uma solução inicial **VIÁVEL** para o problema (heurística construtiva). *
- Procedimento ou função para clonar uma solução qualquer.
- Procedimento ou função para calcular a função objetivo de uma solução qualquer. **
- Procedimento ou função para “escrever” (em tela e arquivo) uma solução qualquer com o máximo de informações possível: número de veículos usados, valor da função objetivo da solução, distância percorrida por todos os veículos, duração das rotas de todos os veículos, tempo total de viagem de todas as PPNEs, tempo total de espera de todas as PPNEs, *número de violações no número de assentos dos veículos, número de violações na duração máxima das rotas, número de violações no tempo máximo de viagem de todas as PPNEs, número de violações no tempo máximo de espera de todas as PPNEs e número de violações nos horários de saída e chegada dos veículos nas garagens*. Além disso, para cada veículo, deverão ser apresentadas as seguintes informações: número de requisições atendidas, número máximo de assentos utilizados, duração da rota, tempo de viagem das PPNEs atendidas, tempo de espera das PPNEs atendidas e as violações das restrições (texto em itálico, porém de forma individual por veículo), função objetivo do veículo e a sequência de locais que formam a rota do veículo.
- Procedimento ou função para ler uma solução de um arquivo (parâmetro) com o formato descrito a seguir.

FO	# veículos usados	
id veículo	# req. atendidas	vetor com o id das locais atendidas
id veículo	# req. atendidas	vetor com o id das locais atendidas
...		

O método marcado com * deverá ser executado 1 vez para a instância *dar3* (sem semente aleatória), e os resultados obtidos deverão ser colocados na terceira e na quarta coluna da Tabela 1. Os métodos marcados com * e ** deverão ser executados separadamente, também para a instância *dar3*, por 1000 vezes, e os resultados deverão ser colocadas nas duas últimas colunas da Tabela 1. A Tabela 1 está preenchida com um exemplo. Ela deverá ser preenchida e exibida na apresentação do trabalho.

Tabela 1 – Exemplo de tabela de resultados.

Descrição do Computador	α (seg.)	Solução Inicial (1 vez)		1000 vezes	
		FO	Tempo (seg.)	Tempo Sol. Inicial (seg.)	Tempo Calc. FO (seg.)
i7 3.5GHz – 8GB ram – Windows 7	169	29200,00	0,82300	10,35	2,13

O valor de α na Tabela 1 deverá ser obtido por meio da execução do programa *benchmark_machine* (anexo a este trabalho), que mede a “velocidade” do computador.

O trabalho deverá ser realizado **INDIVIDUALMENTE ou EM DUPLA** e apresentado (código-fonte e Tabela 1 completa) em, **no máximo, 10 minutos** na aula do dia **26/01/2022**. Todos os arquivos gerados deverão ser enviados (via *Classroom*) em **ARQUIVO ÚNICO .zip** (não enviar .rar e nem .exe dentro do .zip) até o dia **25/01/2022** (até as 23:59hs).

O valor do trabalho será **5,0 pontos** (50% da nota final). Trabalhos copiados total ou parcialmente terão nota **ZERO**.

O trabalho que apresentar melhor relação entre a FO da solução inicial e o tempo para construí-la ganhará um bônus de 0,75 pontos (15%), o segundo 0,5 (10%) e o terceiro 0,25 (5%).

O trabalho que apresentar o menor tempo para o cálculo da FO (se estiver correto) por 1000 vezes ganhará um bônus de 0,75 pontos (15%), o segundo 0,5 (10%) e o terceiro 0,25 (5%).

O valor de α será considerado para equiparação dos tempos obtidos em computadores diferentes e, conseqüentemente, definir os vencedores do bônus.

Dúvidas relativas ao trabalho podem ser sanadas via *Classroom* ou via e-mail. Além disso, em todas as aulas será disponibilizado um tempo para discussão sobre o trabalho, então o mesmo deverá ser iniciado o quanto antes.