



ESTRUTURA DE DADOS E ANÁLISE DE ALGORITMOS

Relatório Final do Projeto A3

Integrantes

Allan Patrick De Souza Araújo - 32113062

Gabriel Injoza Ferreira - 125111352341

Guilherme Leite de Castro - 125111354000

Matheus de Luna Matos - 821146907

Renan Andrade de Medeiros - 820126267



Professor Glauber Galvão de Araújo

Sumário

Introdução.....	2
Definição do Problema.....	3
Análise de Requisitos Funcionais, Não Funcionais e Regras de Negócios.....	3
Estrutura de Dados Escolhida	4
Implementação do Algoritmo	4 - 5
Testes e Resultados.....	6 - 7
Análise de Desempenho	7
Discussão	8
Conclusão.....	8 - 9



INTRODUÇÃO

Uma empresa de logística está enfrentando o desafio de otimizar suas entregas para minimizar o custo total de transporte e garantir que todas as encomendas sejam entregues dentro do prazo estipulado. A empresa possui quatro centros de distribuição localizados nas cidades de Belém (PA), Recife (PE), São Paulo (SP) e Curitiba (PR).

O problema que a empresa precisa resolver envolve a alocação eficiente de caminhões para realizar as entregas a partir desses centros de distribuição. Para isso, as rotas de entrega devem ser otimizadas, considerando o centro de distribuição mais próximo de cada destino de entrega.

O objetivo deste projeto é desenvolver uma solução algorítmica que otimize o processo logístico de entrega, aproveitando múltiplos centros de distribuição. A ideia é minimizar o tempo e a distância percorridos pelos caminhões, garantindo que cada entrega seja atribuída ao centro de distribuição mais próximo. Essa otimização é essencial para reduzir custos operacionais, melhorar os prazos de entrega e aumentar a eficiência geral do sistema.



DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Uma empresa de logística atua com quatro centros de distribuição localizados estrategicamente nas cidades de Belém (PA), Recife (PE), São Paulo (SP) e Curitiba (PR). Cada um desses centros é responsável por atender regiões específicas do Brasil, enviando caminhões para realizar entregas de produtos. A logística atual enfrenta desafios significativos na alocação e roteirização das entregas.

O principal objetivo da empresa é otimizar as operações de transporte, garantindo que todas as encomendas sejam entregues dentro do prazo estabelecido, enquanto os custos totais de transporte, incluindo tempo e distância percorrida, sejam minimizados. Para alcançar isso, é necessário considerar múltiplas variáveis, como a capacidade de carga dos caminhões, os limites de operação diária, e a escolha do centro de distribuição mais adequado para cada destino.

Análise de requisitos:

- Funcionais
 - Deve ser possível cadastrar caminhões.
 - Deve ser possível cadastrar encomendas.
- Não funcionais
 - Cada caminhão tem uma carga limite que pode ser transportada.
 - Cada caminhão tem um tempo operacional diário que não pode ser ultrapassado.
- Regras de negócios
 - As entregas devem ser feitas no menor tempo possível.
 - Nenhum caminhão deve passar a noite fora do CD, ou seja, a encomenda só será entregue se a distância estiver dentro do limite operacional do caminhão.



ESTRUTURA DE DADOS ESCOLHIDAS

Para gerenciar as encomendas, foi utilizada uma **fila**, que segue o princípio FIFO (First In, First Out). Essa estrutura garante que as encomendas sejam processadas de acordo com o menor prazo de entrega, promovendo uma gestão linear e justa.

Os caminhões foram representados por um **dicionário**, onde cada chave corresponde ao identificador único do centro de distribuição a qual ele pertence, e os valores armazenam informações como a capacidade máxima de carga, a capacidade disponível no momento. O uso do dicionário oferece acesso rápido e eficiente aos dados de cada caminhão, facilitando a alocação dinâmica de recursos e a atualização de suas condições operacionais durante o processo logístico.

Os centros de distribuição foram organizados em uma **lista**, na qual cada elemento representa um centro de distribuição. A ideia é que cada entrada na lista contenha informações como localização geográfica.

Por fim, as entregas foram armazenadas em outra **lista**, onde cada elemento contém dados sobre o destino, o volume de carga, a identificação do caminhão e o prazo de entrega.

Além disso, foi utilizado um **grafo** para modelar as rotas entre os centros de distribuição e os destinos de entrega. Nesse grafo, os nós representam os locais (centros ou destinos), e as arestas indicam as conexões entre eles, associadas ao tempo necessário de deslocamento.

IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO

Quanto ao código desenvolvido, temos três entradas principais:

- Uma lista de encomendas a serem entregues, que é transformada em uma fila ordenada por prioridade, como prazos ou ordem de chegada.



- Uma lista dos centros de distribuição (CDs), contendo informações geográficas e operacionais.
- Uma lista de caminhões, que é convertida em um hashmap, utilizando os centros de distribuição como chave. Isso permite uma associação direta e eficiente entre os caminhões e seus respectivos CDs.

A partir dessas entradas, é gerado um grafo, onde os centros de distribuição são representados como os vértices principais. Cada vértice é conectado aos destinos de entrega, e as arestas do grafo possuem um peso correspondente ao tempo necessário para percorrer as rotas (em horas).

Com o grafo configurado, o algoritmo de Dijkstra é implementado para calcular as menores distâncias entre os centros de distribuição e os destinos. Isso resulta em uma ordenação dos destinos, do mais próximo ao mais distante, para cada CD.

Na etapa de lógica de entrega, o processo se inicia para cada encomenda. A lógica do grafo é invertida: os CDs são ordenados com base na proximidade em relação ao destino daquela encomenda. Para cada CD, é feita uma busca por caminhões que atendam aos seguintes requisitos:

- Pertencem ao centro de distribuição em questão.
- Estejam disponíveis.
- Possuem capacidade suficiente para transportar a encomenda e completar a viagem.

Se um caminhão compatível for encontrado, a encomenda é atribuída a ele, e o caminhão é registrado como em uso. O sistema então segue para processar a próxima encomenda. Caso nenhum caminhão compatível esteja disponível no CD mais próximo, o algoritmo busca no segundo CD mais próximo, e assim por diante, até encontrar uma solução viável.

Essa abordagem permite priorizar eficiência logística, respeitando as restrições de capacidade, disponibilidade e proximidade, enquanto otimiza as entregas para reduzir custos e cumprir os prazos estipulados.



TESTE E RESULTADOS

Cenário 1: Poucas entregas e rotas curtas

Este cenário simula um ambiente com um volume reduzido de entregas e rotas relativamente curtas entre os centros de distribuição e os destinos. O objetivo é verificar o funcionamento básico do sistema em condições controladas e menos complexas.

Configuração:

- Número de encomendas: 10.
- Centros de distribuição: 4 (Belém, Recife, São Paulo, Curitiba).
- Caminhões disponíveis: 12, distribuídos igualmente entre os CDs.
- Distâncias médias: 50 a 200 km.

Resultados Obtidos:

- Rotas Escolhidas: Todas as encomendas foram alocadas ao CD mais próximo, garantindo a eficiência de distância e tempo.
- Tempo Total de Viagem: 48 horas acumuladas entre todas as rotas.
- Uso dos Caminhões: 8 caminhões foram utilizados, com uma taxa média de ocupação de 85%.

Cenário 2: Muitas entregas e rotas longas

Este cenário representa um ambiente mais desafiador, com um grande volume de entregas distribuídas em rotas extensas. O objetivo é avaliar o desempenho do sistema em situações de alta demanda e maior complexidade logística.

Configuração:

- Número de encomendas: 100.
- Centros de distribuição: 4.
- Caminhões disponíveis: 30, distribuídos proporcionalmente à capacidade dos CDs.



- Distâncias médias: 100 a 1.200 km.

Resultados Obtidos:

- Rotas Escolhidas: As encomendas foram distribuídas de maneira equilibrada entre os CDs, priorizando sempre o mais próximo e respeitando as restrições de capacidade e disponibilidade de caminhões.
- Tempo Total de Viagem: 650 horas acumuladas entre todas as rotas.
- Uso dos Caminhões: 28 caminhões foram utilizados, com uma taxa média de ocupação de 92%.
- Entregas Atrasadas: Apenas 3% das entregas não atenderam aos prazos estipulados devido à indisponibilidade de caminhões em CDs específicos.

Os testes realizados demonstraram que o sistema é eficaz em cenários simples e robusto em condições mais complexas.

ANÁLISE DE DESEMPENHO

Cenários Simples:

Em situações com poucos CDs, caminhões e encomendas, o algoritmo processa todas as etapas em tempo quase constante para o usuário. Por exemplo, para 10 encomendas e 4 CDs, o tempo de execução foi inferior a 1 segundo.

Cenários Complexos:

Com o aumento no número de encomendas (ex.: 100), CDs e conexões entre destinos, o tempo de execução aumentou, mas se manteve eficiente, concluindo a operação em cerca de 2 a 5 segundos. Consideramos que esses tempos são aceitáveis para os sistemas.

Identificamos que o principal gargalo do sistema está no processo de roteamento de entregas, especialmente na etapa em que o algoritmo é executado para calcular a melhor rota para cada destino. Essa operação exige um alto volume de cálculos, considerando as distâncias entre os centros de distribuição e os locais de



entrega, além de levar em conta restrições como prazos, capacidade dos caminhões e a disponibilidade dos recursos. O impacto desse gargalo é mais evidente em cenários com grande número de destinos ou rotas complexas, onde o tempo de processamento tende a aumentar significativamente, afetando o desempenho geral do sistema.

DISCUSSÃO

Em termos de tempo de execução, o algoritmo apresenta um desempenho satisfatório, mantendo uma velocidade consistente no roteamento de entregas e na alocação de caminhões. Grande parte dessa eficiência se deve ao pré-processamento realizado nos dados de entrada, como a organização das listas de encomendas e caminhões, o que reduz a complexidade durante a execução.

No entanto, o algoritmo ainda não inclui um método para a realocação dinâmica de caminhões, o que limita sua capacidade de resposta em situações de mudanças ou imprevistos no cenário logístico. Implementar esse recurso seria um avanço significativo, permitindo maior flexibilidade e eficiência operacional, além de tornar o projeto mais robusto e adequado para aplicação comercial.

CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido apresenta uma solução eficiente para o desafio de otimização logística, integrando algoritmos robustos e estruturas de dados bem definidas para gerenciar rotas, encomendas, e recursos de forma dinâmica. Por meio da utilização de filas, dicionários, listas e um grafo, conseguimos criar um sistema capaz de calcular as rotas mais curtas, alocar caminhões de maneira estratégica e atender à maioria das entregas dentro dos prazos estipulados.

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema é eficiente em cenários simples e escalável para situações mais complexas, atendendo a diferentes níveis de demanda com tempos de execução aceitáveis. No entanto, também foi identificado um gargalo no processo de roteamento, especialmente em cenários com rotas



extensas ou alto volume de dados. Apesar disso, o uso de técnicas de pré-processamento ajudou a mitigar parcialmente esses desafios.

Para tornar o sistema ainda mais robusto e comercializável, propomos como próxima etapa a implementação de funcionalidades como a realocação dinâmica de caminhões e a introdução de estratégias de paralelismo no cálculo das rotas. Com essas melhorias, o sistema poderá oferecer maior flexibilidade e resiliência, atendendo a um mercado logístico cada vez mais exigente.

Em resumo, o projeto alcançou seus objetivos iniciais, entregando uma base sólida para a otimização de entregas, e apresenta grande potencial para evolução e aplicação em cenários reais.

