

O problema do Carteiro Chinês aplicado à logística de coleta de lixo em ambiente real: Um estudo de caso

Alexandre J. Sehnem¹, Gabriela Moreira¹

¹Departamento de Ciência da Computação
Centro de Ciências Tecnológicas
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Joinville, SC – Brasil

{alexandre.jsehnem,gabrielamoreira05}@gmail.com

Abstract. *The Chinese Postman Problem searches the route with less cost which passes through all the streets of a region. The same solution can be applied to the urban trash removal problem, optimizing the route that a garbage truck follows in one of the city's neighborhood. From a selected region, a non oriented graph without nodes of odd degree was modeled. Once an eulerian graph was obtained, the Fleury's algorithm could be executed in order to find the optimum route, solving the problem in linear time.*

Resumo. *O Problema do Carteiro Chinês busca a rota de menor custo que passe por todas as ruas de uma região. A mesma solução pode ser aplicada ao problema da coleta de lixo urbana, onde se quer otimizar a rota de um caminhão de lixo que percorre um bairro da cidade. De uma região selecionada, modelou-se um grafo não-orientado sem nós de grau ímpar. Uma vez obtido o grafo euleriano, o algoritmo de Fleury pode ser executado para encontrar a rota ótima, solucionando o problema em tempo linear.*

1. Introdução

A ciência da computação está em constante busca de possíveis otimizações para soluções existentes, e essas soluções otimizadas são aplicadas para gerenciar situações reais. O Problema do Carteiro Chinês (PCC) estuda ciclos de custo mínimo onde todas as arestas de um grafo são visitadas. Mapeando as ruas de uma região qualquer, de forma a construir um grafo não-orientado, conexo, e sem vértices de grau ímpar, pode-se aplicar os conceitos e soluções do PCC. Dessa forma, encontra-se uma trajetória ótima para um caminhão de coleta de lixo. Assim, tem-se como objetivo implementar essas soluções e encontrar rotas ótimas para regiões locais, examinando a viabilidade dos resultados encontrados.

2. O Problema do Carteiro Chinês

Em um dia de trabalho, o carteiro retira suas correspondências no correio onde trabalha, entrega-as e então retorna ao correio para encerrar seu turno. Ele deve, portanto, passar por todas as ruas de uma região pelo menos uma vez. Atendendo a essa condição, ele deseja caminhar a menor distância possível. Esse problema foi proposto pelo matemático chinês Kuan (1962), e ficou conhecido como problema do carteiro chinês.

2.1. Circuito de carteiro

Dado um grafo não-orientado $G = (N, E)$, conexo, onde a cada aresta $e \in E$ é associado um custo d_e , um *circuito de carteiro* em G é um circuito que contém todas as arestas de E uma ou mais vezes. O problema de carteiro chinês procura achar o circuito de carteiro de custo mínimo.

2.2. Circuito Euleriano

Dado um grafo $G = (N, E)$, conexo, um *circuito euleriano* em G é um circuito que contém todas as arestas de E exatamente uma vez. Se um grafo possui um caminho euleriano, ele é chamado de *grafo euleriano*. Observando essa definição juntamente com a definição de *circuito de carteiro*, tem-se que todo *circuito euleriano* é um *circuito de carteiro*.

2.3. Circuitos em grafos sem vértices de grau ímpar

Segundo o **Teorema de Euler**, um grafo conexo e sem vértices de grau ímpar sempre admite um circuito euleriano. Sendo o custo total de um grafo $G = (N, E)$ igual a soma do custo d_e de todas as arestas $e \in E$, o circuito de carteiro mínimo nesse tipo de grafo (Euleriano) é o seu circuito euleriano, e tem custo total dado por

$$\sum_{e=1}^{|E|} d_e$$

2.4. Algoritmo de Fleury

O algoritmo de Fleury, conforme provado por Bondy (1984), constrói um circuito euleriano, tracejando uma rota a partir de um nó inicial e evitando passar por **pontes** ou retornar ao início, enquanto possível. **Pontes** são arestas que, se retiradas, tornam o grafo desconexo.

3. Coleta de Lixo em ambiente real

O problema da coleta de lixo é semelhante ao problema do carteiro chinês. Um caminhão de lixo deixa seu estacionamento no aterro, passa por todas as ruas de uma região coletando o lixo, e então retorna ao aterro no final do expediente. Deseja-se encontrar a rota de menor distância total, de forma a otimizar esse procedimento.

3.1. Ambiente para testes

Como ambiente de amostra para realização de teste, escolheu-se uma região do bairro Iriirú, na cidade de Joinville (SC). Algumas adaptações foram necessárias para que todos os nós tivessem grau par, como desejado para o intuito desta pesquisa. A Figura 1 apresenta a visão topológica do *Google Maps* da região utilizada.

A região foi analisada e modelada em um grafo, onde os nós representam cruzamentos e as arestas representam ruas ou frações de ruas. As informações de conexões e quantidade de cruzamentos foram organizadas em um documento de texto, contendo também o nome de cada rua e um índice simbólico para cada cruzamento. Para o teste, foram transcritos um total de trinta e um cruzamentos.

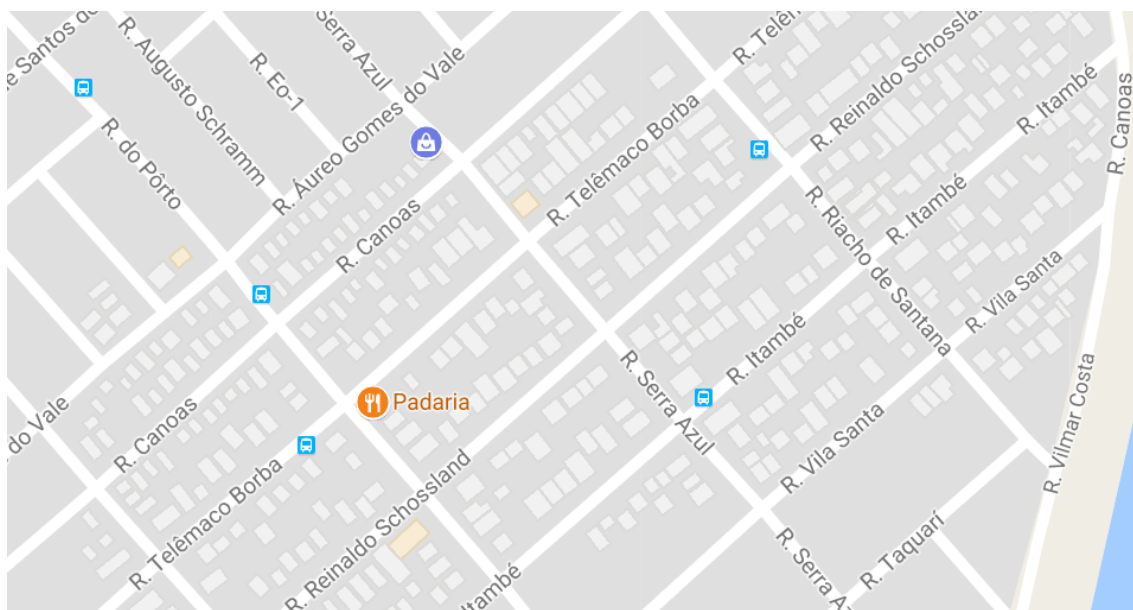


Figure 1. Visão topológica da região

3.2. Implementação

A implementação foi feita inteiramente na linguagem de programação c++, que inicia com leitura de arquivo para a entrada de dados e a construção do grafo não-direcionado com lista de adjacência e lista de arestas. O algoritmo de Fleury é executado, encontrando a rota ideal a ser seguida pelo caminhão. O custo total dessa rota é obtido através da soma do custo de todas as arestas. A rota é impressa simulando uma navegação a ser passada para o motorista do caminhão de lixo, bem como o seu custo.

4. Conclusão

Encontrar o caminho de carteiro ótimo em grafos eulerianos é uma tarefa trivial, e já pode ser aplicado em diversas regiões com simples adaptações. No caso estudado, um algoritmo simples como o de Fleury já resolve um problema de logística encontrado na realidade da infraestrutura urbana. E como o algoritmo de Fleury executa em tempo linear, a implementação feita pode ser aplicada a amostras muito maiores sem perder eficiência.

4.1. Próximos Passos

Esse estudo pode ser melhorado com a adição de vértices com grau ímpar. Para isso, é necessário modificar o algoritmo para lidar com esses vértices, fazendo o seu emparelhamento. Essa melhoria tornaria o estudo mais abrangente, satisfazendo ainda mais soluções reais.

References

- BONDY, J.A., MURTY, U.S.R., *Graph Theory with applications*, Springer, 1984.
- SHERAFAT, H. (2013), *Uma heurística para o problema do carteiro chinês misto*, UFS, São Cristóvão, SE.
- PETTEAM, F.B. (2012), *Um estudo sobre o problema do carteiro chinês*, UNICAMP, Campinas, SP.