

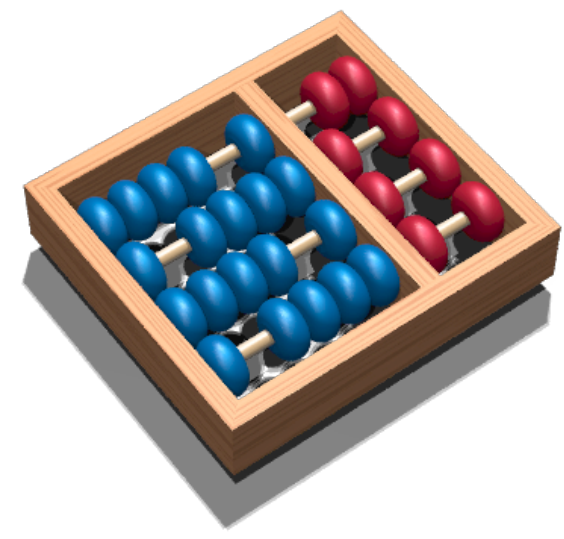
# Algoritmos e Heurísticas para o Problema de Roteamento Tridimensional

Palavras Chave: Empacotamento Tridimensional, Roteamento de Veículo, Problema do Caixeiro Viajante e Otimização Combinatória

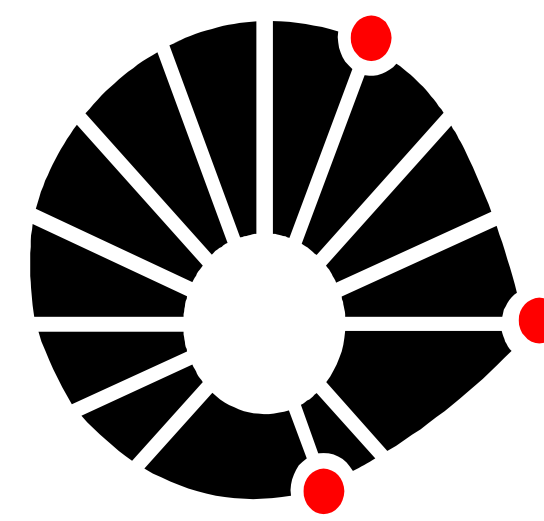
Pedro Henrique Del Bianco Hokama  
Flávio K. Miyazawa

pedro.hokama@students.ic.unicamp.br  
fkm@ic.unicamp.br

Apoio:



Instituto de Computação



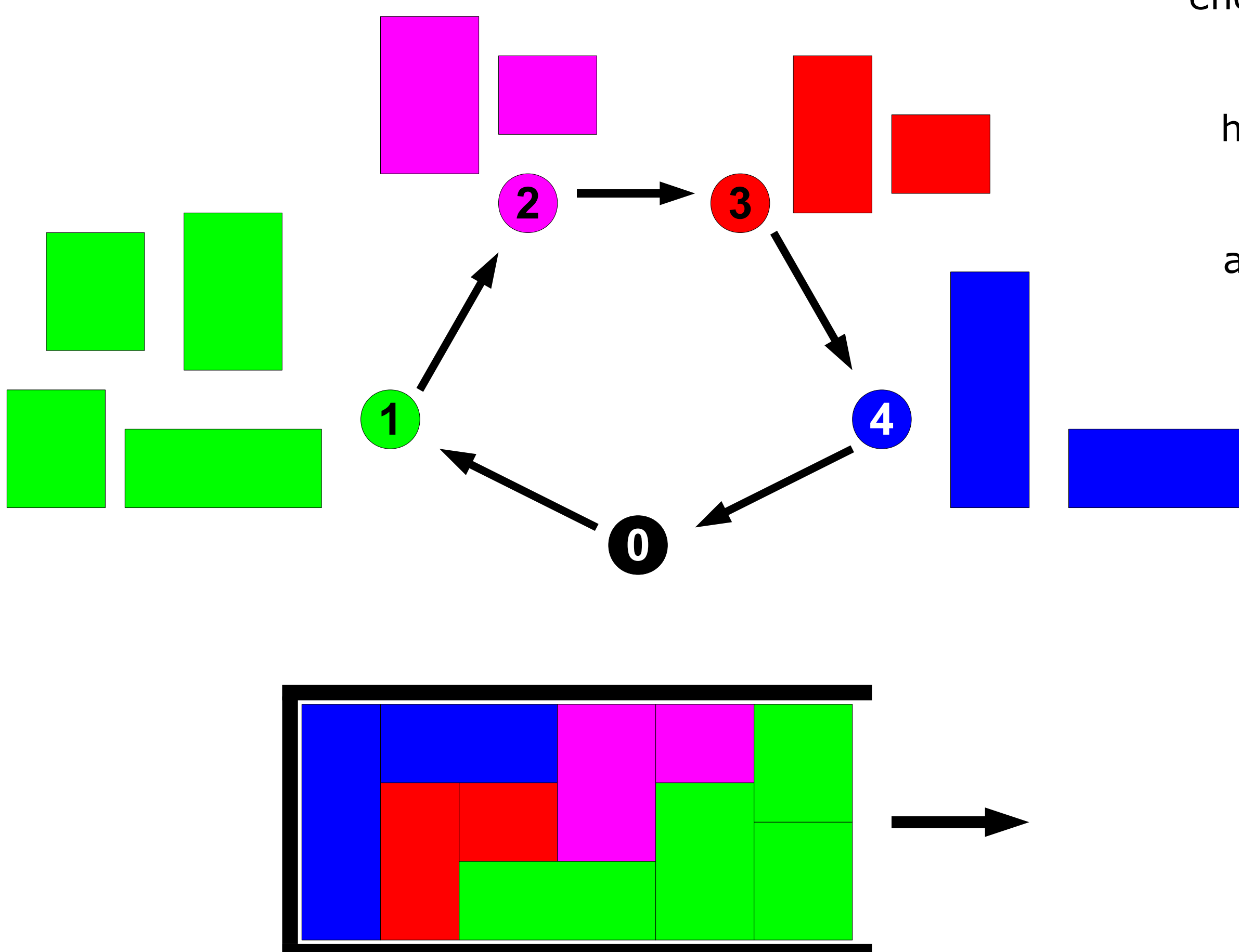
UNICAMP



SAE/UNICAMP

## Introdução

Apresentamos um problema que combina os problemas do Caixeiro Viajante (TSP) e do Carregamento em Contêiner, que denominamos por 3L-TSP. Neste problema, um veículo deve partir carregado de uma origem e entregar caixas em pontos pré-definidos para seus clientes. Cada cliente tem um conjunto de caixas que deve receber e o objetivo é minimizar o custo de deslocamento do veículo. As caixas devem ser retiradas a partir do fundo do contêiner do veículo e a remoção das caixas de um cliente não podem ser obstruídas pelas caixas a serem descarregadas posteriormente.



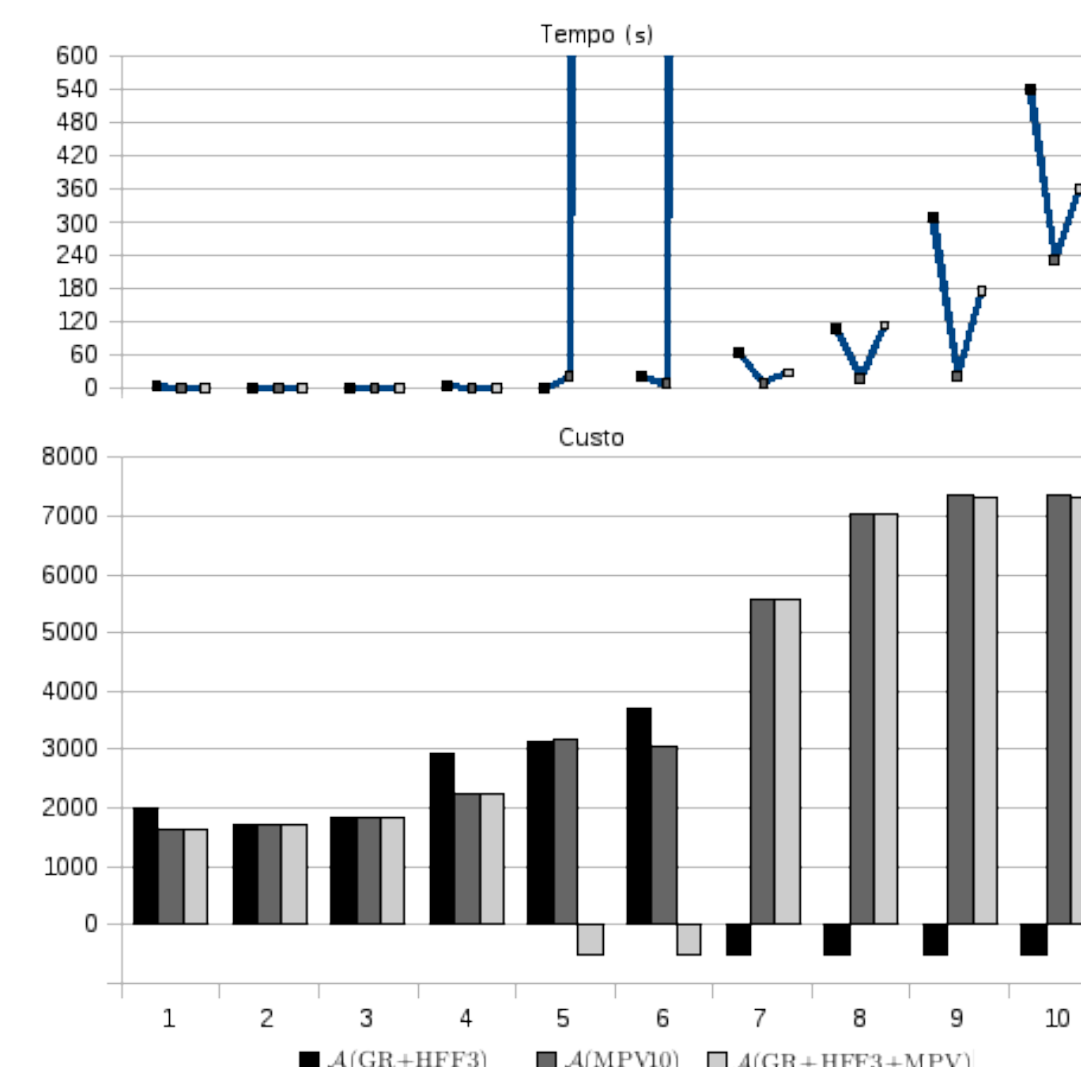
## Um Algoritmo Exato

Apresentamos um algoritmo branch-and-cut que minimiza o comprimento total da rota utilizada pelo veículo e usamos a estrutura deste algoritmo para obter soluções heurísticas que apresentam compromisso entre o custo do deslocamento e o tamanho do contêiner obtido pela solução heurística.

A cada nó do algoritmo branch-and-cut, inserimos restrições de corte mínimos violados, utilizando árvore de Gomory e Hu [6], para verificar a conectividade da solução encontrada.

Também utilizamos heurísticas de separação para encontrar 'comb inequalities' adaptadas de Lysgaard [3].

Como rotinas de separação para encontrar empacotamentos com ordem, implementamos a heurística de George e Robinson [4] e uma heurística híbrida por níveis. O algoritmo para obter empacotamentos exatos que respeitam ordem, foi adaptado de Martello [5] para considerar a ordem no empacotamento.



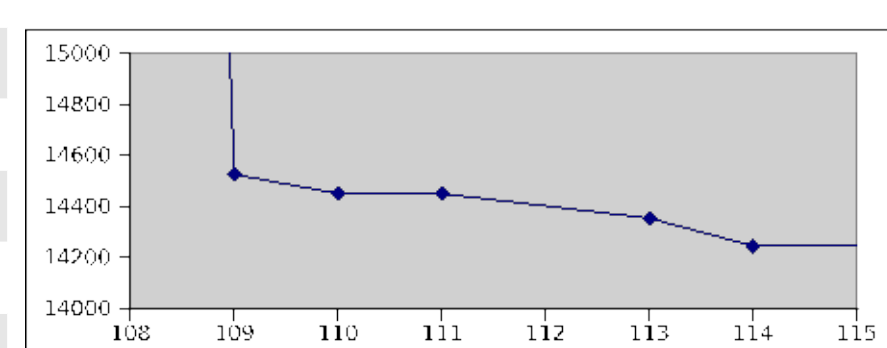
Id	Classe	#Clientes	#Caixas	A(GR+HFF3)		A(MPV10)		A(GR+HFF3+MPV)	
				Custo	Tempo	Custo	Tempo	Custo	Tempo
1	E	7	9	2013,51	6s	1644,36	0,16s	1644,36	0,11s
2	E	7	10	1709,65	0,10s	1709,65	0,10s	1709,65	0,11s
3	E	7	20	1827,16	0,14s	1827,16	0,10s	1827,16	0,11s
4	E	8	15	2919,95	7s	2226,04	0,12s	2226,04	0,10s
5	E	10	20	3157,46	0,14s	3159,01	21s	-	3600s
6	E	10	25	3704,99	21s	3065,97	10s	-	3600s
7	H	10	20	-	66s	5575,10	11s	5556,53	29s
8	H	15	20	-	108s	7048,80	19s	7030,24	115s
9	H	20	20	-	308s	7360,54	24s	7310,42	177s
10	H	20	25	-	540s	7366,18	231s	7310,42	360s

## Publicações

Decorrente do trabalho desse projeto de Iniciação científica tivemos um artigo aceito para a XXXV Conferencia Latino-Americana de Informática (XXXV CLEI), [1] Problema do Caixeiro Viajante Tridimensional com restrição de Ordem.

Também houve uma contribuição no artigo [2] A Branch-and-Cut Approach for the Vehicle Routing Problem with Two-dimensional Loading Constraints aceito no XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

Profundidade	Custo	Tempo
200	14244,49	0,66s
150	14244,49	0,35s
114	14244,49	50s
113	14352,86	127s
111	14449,47	110s
110	14449,47	83s
109	14524,58	90s
108	24947,90	316s
107	-	406s



## Conclusões

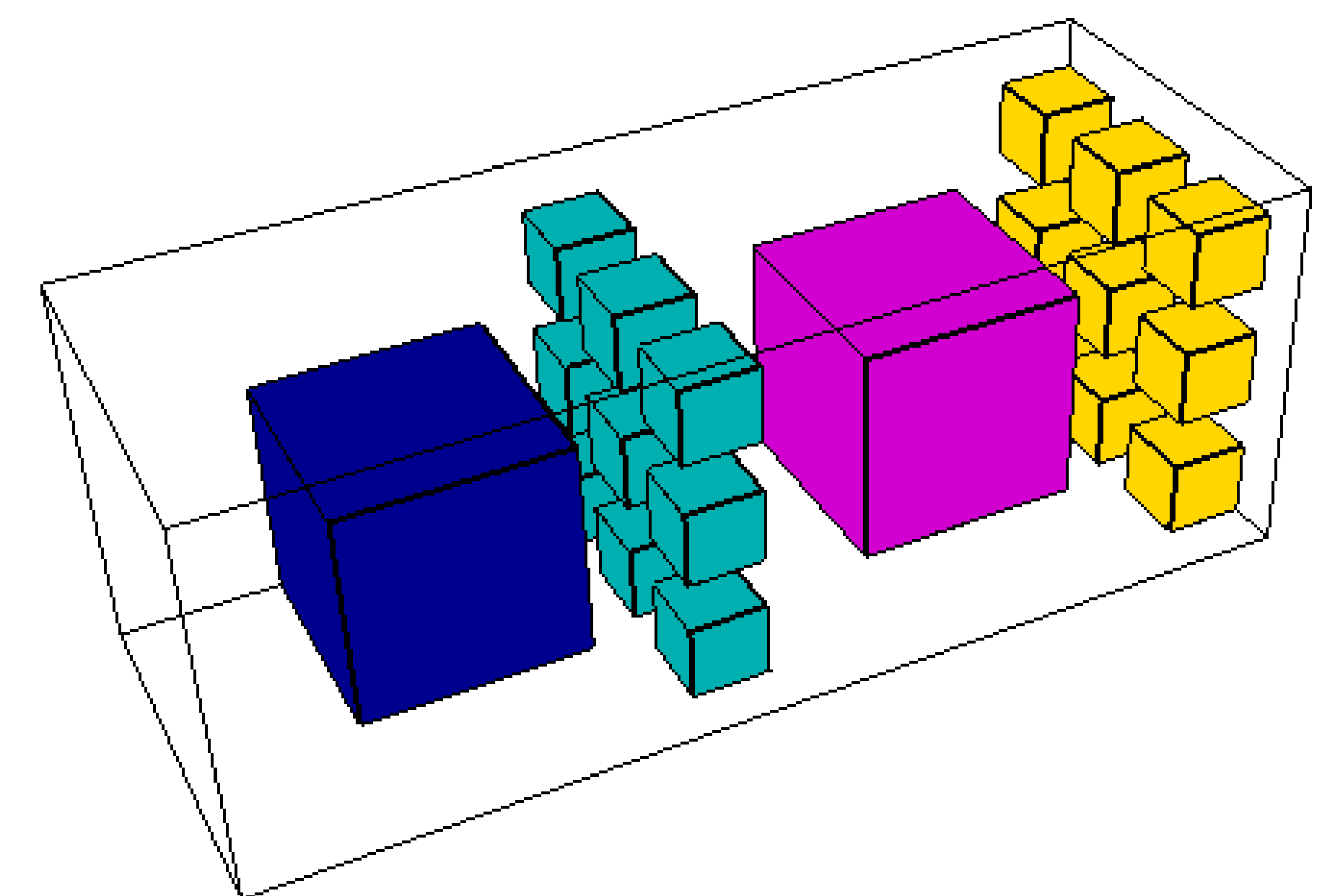
Este foi o primeiro algoritmo exato para este problema. O desempenho das heurísticas puderam ser analisadas contrapondo duas funções objetivo: uma que minimiza o custo da rota e outra que minimiza o tamanho do contêiner.

Por ser rápida, as heurísticas de empacotamento puderam obter soluções viáveis em pouco tempo, e com isso, um usuário pode optar por usar um veículo menor, mas percorrendo uma distância maior, ou um veículo maior, percorrendo menor distância. Certamente uma importante informação na tomada de decisões.

## Futuro

Alguns tópicos estão sendo estudados para trabalhos futuros a serem abordados no mestrado:

- + Implementação de novas rotinas de separação.
- + Desenvolvimento de novas heurísticas
- + Utilização de metaheurísticas e heurísticas primais.
- + Empacotamentos com estabilidade e balanceamento
- + Problemas do tipo pickup and delivery com time windows



## Referências

- [1] Pedro Hokama, Bruno L. P. de Azevedo, and Flávio K. Miyazawa. Problema do caixeiro viajante tridimensional com restrição de ordem. XXXV Conferencia Latino-Americana de Informática, (2009).
- [2] Bruno L. P. de Azevedo, Pedro Hokama, Flávio K. Miyazawa, e Eduardo C. Xavier. A branch-and-cut approach for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, (2009).
- [3] Lechtford A. Lysgaard J. and Eglese R. A new branch-and-cut algorithm for the capacitated vehicle routing problem. Mathematical Programming, 100(2):423-445, 2003.
- [4] D. F. Robinson J. A. George. A heuristic for packing boxes into a container. Computer and Operations Research 7, 4:147-156, 1980.
- [5] S. Martello, D. Pisinger, and D. Vigo. The three-dimensional bin packing problem. Operations Research, 48(2):256-267, 2000.
- [6] R. E. Gomory and T. C. Hu. Multi-terminal network flows. SIAM Journal on Computing, 9(4):551-570, 1961.