

## **Pesquisa de métodos exatos e/ou heurísticos para a solução de problemas combinatórios industriais**

Simonne Cristina F. Querido

Aluna da Universidade de Taubaté – Bolsa PIBIC / CNPq

Orientador: Horacio Hideki Yanasse, pesquisador,

LAC – Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada

Problemas de corte e empacotamento aparecem em algumas indústrias, tais como indústrias de papel, de vidro, metalúrgica, plástica, têxtil etc...Usualmente nestes problemas o objetivo é minimizar desperdícios e com isto diminuir os custos de produção.

No empacotamento a preocupação é preencher todo o espaço de uma caixa, container, ou outro objeto qualquer com objetos menores de forma que os espaços ociosos sejam minimizados.

O problema de corte pode ser pensado como um problema de empacotamento e vice-versa, pois o item a ser cortado de um objeto maior pode ser associado com o espaço que ele ocupa. Por esta razão, tais problemas são referidos como problemas de corte e empacotamento, e sua distinção depende apenas do contexto onde eles aparecem.

Neste projeto estuda-se o problema de corte e empacotamento particular onde os itens menores a serem empacotados ou cortados são discos com diâmetros de tamanhos variados. O objeto onde estes discos devem ser empacotados é um retângulo de dimensões especificadas. O trabalho a ser desenvolvido consiste em implementar e testar um algoritmo que gere um bom padrão de corte que procura minimizar os espaços ociosos existentes, satisfazendo toda a demanda.

Inicialmente a alocação de quais discos devem ser colocados no retângulo é determinada através da resolução de um problema conhecido na literatura especializada como o problema da mochila. O "problema da mochila (PM)", tem esse nome devido a uma aplicação prática que exemplifica bem o que se deseja, suponha que você vá acampar e tenha que escolher um conjunto de itens a serem levados, tais como canivete, botijão de gás, lanterna, livros, roupas, etc. Admita que os itens escolhidos serão levados em uma mochila onde o fator limitante é o peso máximo que você está disposto a carregar. Quais itens devem ser escolhidos? A mesma situação ocorre no caso de empacotar diversos discos de tamanhos variados em uma área retangular de forma que não haja sobreposições e não se ultrapasse a área total da matéria prima (vide figura 1). Nesta fase inicial a alocação é feita somente levando em consideração as áreas dos discos. É lógico que existem mais restrições a este problema, mas estas serão estudadas e levadas em consideração no decorrer do desenvolvimento deste projeto.



*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*  
*Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC)*  
*IC / CNPq*

## RELATÓRIO FINAL

Projeto:

PESQUISA DE MÉTODOS EXATOS E/OU HEURÍSTICOS PARA A SOLUÇÃO DE  
PROBLEMAS COMBINATÓRIOS INDUSTRIAIS

Bolsista: Simonne Cristina Ferraz Querido  
Orientador: Dr. Horacio Hideki Yanasse

Período: 01/03/98 a 30/06/98

junho de 98

São José dos Campos - SP

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro e ao meu orientador Dr. Horacio Hideki Yanasse pela orientação dada e pelo incentivo a pesquisa, com o objetivo de ampliar meus conhecimentos.

Agradeço também aos meus professores da Universidade de Taubaté, Dr. Álvaro Manoel de Souza Soares e Dr. Diomar César Lobão, e aos meus novos colegas Daniel Massaru Katsurayama, Daniel Lamosa, Marcelo Saraiva limeira, Álvaro Fazenda, Eduardo Hidenori Enari, e muitos outros que direta ou indiretamente me apoiaram e me ajudaram no desenvolvimento desse trabalho.

**Projeto:** Pesquisa de métodos exatos e/ou heurísticos para a solução de problemas combinatórios industriais

**Bolsista:** Simonne Cristina Ferraz Querido

**Período:** 01/03/98 a 30/06/98

**Tipo de Bolsa:** Iniciação Científica.

Comecei a me dedicar a este trabalho de pesquisa depois que consegui esta bolsa de Iniciação Científica (IC), através da indicação do colega Alexandre Fonseca, que se graduou no início deste ano não podendo portanto permanecer como bolsista de IC, e da aprovação do Dr. Horacio Hideki Yanasse.

No projeto desenvolvido pelo Alexandre o tema central foi "Problema de sequenciamento de padrões para minimizar a quantidade máxima de pilhas abertas". O seu trabalho consistiu na implementação e teste de um algoritmo que fornecia uma solução ótima para este problema de sequenciamento de padrões de corte. O algoritmo implementado baseou-se na busca em árvore segundo a metodologia conhecida como Branch-and-Bound, e o percorrimento da árvore foi feito segundo a política PPP (Pesquisa em Profundidade Primeiro). Os resultados obtidos foram bem satisfatórios.

O trabalho desenvolvido pelo Alexandre foi terminado e, portanto, procuramos selecionar um novo problema para ser focalizado em nosso trabalho de pesquisa.

Neste período de três meses procurei familiarizar-me com a área de corte e empacotamento. Vários artigos foram estudados. Pudemos verificar que problemas de corte e empacotamento são corriqueiros e importantes em algumas indústrias, tais como as indústrias de papel, de vidro, metalúrgica, plástica, têxtil, etc... que visam minimizar os efeitos negativos gerados pelo desperdício sobre os custos de produção. No empacotamento, geralmente preocupa-se em preencher todo o espaço de uma caixa, container, etc... com objetos de forma que os espaços ociosos sejam minimizados.

Note que o problema de corte pode ser pensado como um problema de empacotamento e vice-versa, pois a parte do material que será cortado para produção de um item, pode ser associado com o espaço ocupado por ele. Por esta razão, tais problemas são referidos como problemas de corte e empacotamento e sua distinção depende apenas do contexto onde eles aparecem.

Uma especial atenção foi dada as publicações "The mixed disk packing problem Part I: Some bounds on density", de S.C. Sarin (1983) e o "The mixed disk packing problem Part II: An interactive optimization procedure", de S.C. Sarin and S. Ahn (1983) que tratam dos empacotamentos de discos e cujo estudo despertaram mais meu interesse. A razão desta escolha é explicada mais adiante. Os demais artigos estudados tratam de problemas de corte e empacotamento com peças retangulares e cortes guilhotinados ou não guilhotinados, guilhotinados em 2-estágios, geração de padrões de corte e minimização da quantidade máxima de pilhas abertas.

Procurei um problema real para motivar mais o desenvolvimento de nosso trabalho e realizei uma visita às indústrias situadas próximas a Taubaté, mas nada consegui, talvez devido à falta de confiança entre as partes envolvidas. Através de um

colega soube da dificuldade existente na fábrica Mecânica Pesada de Taubaté, no empacotamento de "flanges" (peças de hidrante) de diversos diâmetros numa matéria-prima retangular, e por esta razão interessei-me em estudar mais sobre este problema.

O trabalho a ser desenvolvido será a "implementação de um algoritmo para o empacotamento de discos em áreas retangulares". O objetivo é implementar e testar um algoritmo que gere um bom empacotamento, ou seja, que minimiza os espaços ociosos existentes satisfazendo toda a demanda.

Inicialmente a alocação de quais discos devem ser colocados no retângulo é determinado através da resolução de um problema conhecido na literatura especializada como o problema da mochila. O problema da mochila (PM), tem esse nome devido a uma aplicação prática que exemplifica bem o que se deseja. Suponha que você vá acampar e tenha que escolher um conjunto de itens a serem levados, tais como canivete, botijão de gás, lanterna, livros, roupas,.....Admita que os itens escolhidos serão levados em uma mochila onde o fator limitante é o peso máximo que você está disposto a carregar. Quais itens devem ser escolhidos? A mesma situação ocorre no caso de empacotar diversos discos de tamanhos variados em uma área retangular de forma que não haja sobreposições e não se ultrapasse a área total da matéria prima (vide figura 1). É lógico que existem mais restrições a este problema, mas estes serão estudadas e levados em consideração no decorrer do desenvolvimento deste projeto.

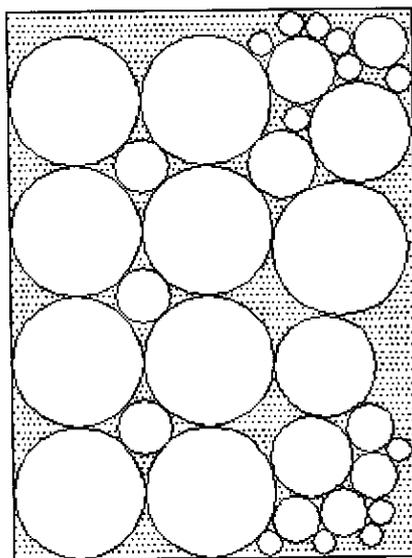


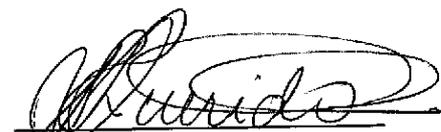
Figura 1. Representa o empacotamento de discos de diversos diâmetro.

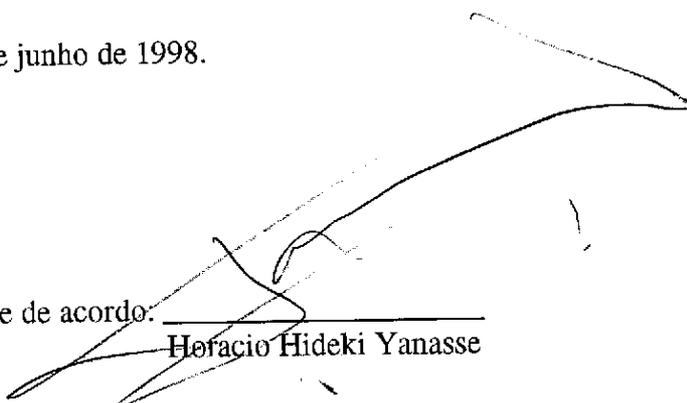
Pretende-se implementar algoritmos já existentes na literatura, e eventualmente outros que venham a ser desenvolvidos durante o decorrer deste trabalho. Alguns algoritmos em estudo atualmente são: Pseudo-código do algoritmo de Horowitz e Sahni, Pseudo-código do algoritmo de Martello e Toth 1977, Pseudo-código do algoritmo de Ingargiola e Korsh. Os algoritmos serão comparados levando em consideração o tempo de processamento, velocidade, quantidade de memória necessária, etc.

Estes algoritmos serão implementados em linguagem C++ e espera-se obter resultados que possibilitem verificação quais serão o melhores algoritmos de acordo com os critérios estabelecidos.

Em virtude do trabalho de implementação a ser realizado, neste três meses também familiarizar-me com o sistema operacional Unix (Estações de trabalho), alguns softwares aplicativos e aprimorei meus conhecimentos na linguagem C e C++.

São José dos Campos, 02 de junho de 1998.

  
\_\_\_\_\_  
Simonne C.F. Querido

Ciente e de acordo.   
\_\_\_\_\_  
Horacio Hideki Yanasse

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarin, S.C., "The mixed disc packing problem part I : Some bounds on density", IEE Trans. 15 37-45 (1983).
2. Sarin, S.C.; Ahn, S., "The mixed disc packing problem part II: An interactive Optimization procedure", IEE Trans. 15, 91-98 (1983)
3. Yanasse, H.H., "A search strategy for the one-size assortment problem, European Journal of Operational Research 74, 135-142 (1994)
4. Dyckhoff, H. "A typology of cutting and packing problems", European Journal of Operational Research 44, 145-159 (1990).
5. Haessler, R.W. ; Sweeney, P.E., "Cutting stock problems and solution procedures" European Journal of Operational Research 54, 141-150 (1991).
6. Farley, A.A., "Mathematical Programming models for cutting stock problems in the clothing industry", J. Opl. Research Soc. Vol 39, n° 1, 45-53 (1988).
7. Martello, S.; Toth, P. 1990 , Knapsack problems: Algorithms and computer implementations; John wiley and Sons, Chichester.
8. Holzner, S.1993, Programando em C++; Editora Campus.
9. Hansen A. 1995, Salvo pelo ...UNIX; Editora Érica