



APLICAÇÃO DA HEURÍSTICA *SIMULATED ANNEALING* PARA PROBLEMA INTEGRADO DE CARREGAMENTO DE CONTAINER

NASCIMENTO, Jonathan¹; CHICON, Patricia Mariotto Mozzaquatro²;
ANTONIAZZI, Rodrigo²

Palavras-Chave: Inteligência Artificial. *Simulated Annealing*. Problema de Carregamento.

INTRODUÇÃO

Segundo Vendramine (2007) existem alguns problemas no âmbito da pesquisa operacional quanto a determinar uma configuração correta de carga que procure otimizar o que será carregado em um *container*, ou seja, o objetivo é ocupar ao máximo o volume em um carregamento. Além disso podem existir algumas restrições necessárias ao carregamento como limite de peso do container, empilhamento máximo de cada caixa, rotação, estabilidade da carga, e estabilidade das caixas (DOBGENSKI; CEZAR, 2015), podendo ainda, essa carga ser definida como homogênea (caixas iguais) e heterogênea (caixas de tipos diferentes) (VENDRAMINE, 2007).

A resolução deste problema é de suma importância em empresas cujas atividades envolvem logística de armazenamento, distribuição e/ou recolha de bens, que devido a uma melhor utilização do espaço, resulta em uma redução de custos e tempo de carga e descarga (ARAÚJO; ARMENTANO, 2007). Este trabalho tem por objetivo demonstrar possíveis soluções relacionadas ao problema de carregamento de *container*, e serão demonstradas soluções viáveis com a utilização da metaheurística *Simulated Annealing* (KIRKPATRIK et al, 1983).

Problema de Carregamento de Container (PCC)

Segundo Junqueira et al. (2011), o problema de carregamento de container deve satisfazer duas considerações: i) as caixas devem ser empacotadas completamente dentro do container; e ii) as caixas empacotadas não devem se sobrepor. Além dessas considerações, também se pode considerar algumas outras exigências, tais como: a estabilidade, o empilhamento, a fragilidade, múltiplos destinos, o limite de peso, a distribuição de peso dentro do container, entre outras (BISCHOFF et al, 1990).

¹ Acadêmico do Curso de Ciência da Computação, Universidade de Cruz Alta, PIBIC – UNICRUZ, jonathanjsn@gmail.com

² Professores do Curso de Ciência da Computação, Universidade de Cruz Alta, PIBIC – UNICRUZ, patriciamozzaquatro@unicruz.edu.br, rantoniazzi@unicruz.edu.br



Os autores Dobgenski e Cezar (2015), citam que o problema de carregamento de container é um problema de otimização combinatória permutacional classificado como NP-Difícil devido a não existência de um algoritmo polinomial que o resolva em um tempo computacional aceitável.

Simulated Annealing (SA)

O *Simulated Annealing* é uma metaheurística (DOBGENSKI; CEZAR, 2015) que simula um procedimento computacional que simula o processo físico de resfriamento controlado em que o objetivo é levar o sistema ao seu estado mínimo de energia (SOUZA, 2012), baseando-se em um fundamento da termodinâmica conhecido como recozimento. Com base neste conceito é feita a melhoria de uma solução que com o passar de cada iteração, simulando a diminuição da temperatura, tende a uma solução de boa qualidade (KIRKPATRIK et al, 1983). Este método apresenta bons resultados com soluções em que o espaço de busca contém vários ótimos locais (DOBGENSKI; CEZAR, 2015).

Os autores Tsuruta e Narciso (2000) ressaltam que este método tem as mesmas vantagens e limitações dos Algoritmos Genéticos, podendo resolver problemas complexos com a otimização tendo um caráter local, sendo assim, não podendo saber quando a solução ótima foi alcançada. Isso significa que com o passar das iterações a solução encontrada será melhor que a anterior, entretanto, não se pode saber ao certo quando finalizar este processo e obter a melhor solução possível.

METODOLOGIA

A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento da possível solução foi o *Java*, na qual foi escolhida por ser uma linguagem orientada a objetos, também visando a usabilidade em qualquer sistema operacional desde que tenha uma *Java Virtual Machine* instalada. Além disso, existem diversas comunidades de programadores que compartilham conhecimento, uma grande quantidade de material para estudo e bibliotecas prontas e dinâmicas para serem utilizadas na implementação de sistemas o que facilita o desenvolvimento do *software*.

O algoritmo utilizado para a formação de torres de caixas, levando em consideração algumas restrições que serviram de exigências para gerar a solução para o problema de carregamento foi baseado nos trabalhos de Gehring e Bortfeldt (1997) e Liang et al. (2007).



Apenas algumas considerações foram utilizadas até o momento, conforme Santos (2011) cita em seu trabalho:

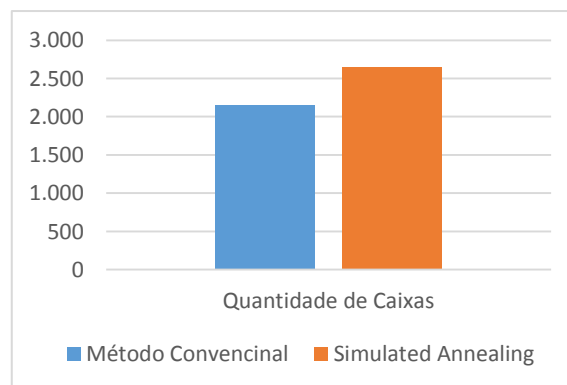
- R1 – Orientação: as caixas só poderão ser rotacionadas em torno do eixo vertical, ou seja, trocar a dimensão da largura pela da profundidade, e vice-versa.
- R2 – Empilhamento: uma caixa só poderá ser adicionada à torre se a pressão que a mesma exerce for menor ou igual à resistência da torre;
- R3 – Estabilidade: cada caixa deve ser totalmente apoiada na caixa imediatamente abaixo dela ou no piso do container, ou seja, uma caixa que não é a base da torre só poderá ser adicionada à torre se sua base possuir dimensões menores ou iguais às dimensões do topo da última caixa alocada na torre;

Para a realização dos testes, foi criado um modelo fictício de pedidos de uma empresa, utilizando apenas um container para o armazenamento dos produtos, cujo as dimensões são de 5660mm de comprimento, 2300mm de largura e 2395mm de altura. As dimensões das caixas utilizadas nos testes são: caixa A (422mm x 305mm x 272mm), caixa B (305mm x 197mm x 272mm) e caixa C (245mm x 253mm x 227mm), onde (comprimento x largura x altura).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados parciais obtidos até o momento foram comparados em quantidades de caixas alocadas em um container, que teve como exemplo uma empresa real citada pelos autores Dobgenski e Cezar (2015) como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Quantidade de caixas alocadas





CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões parciais observadas até o momento demonstraram a eficácia do método *Simulated Annealing* que obteve uma melhora significativa no armazenamento de caixas em um container, se referenciado a resultados obtidos por métodos convencionais utilizados por algumas empresas, feitos de forma manual. Desta forma conclui-se que uma empresa que tivesse a sua disposição este método para utilização em sua logística, poderia obter reduções de gastos e aumento no lucro total, tendo em vista que alocando melhor a carga nos containers, teria uma maior disposição deste para utilização em outros carregamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, O. B.; ARMENTANO, V. A., **A multi start random constructive heuristic for the container loading problem**. Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, 27, n. 2, 2007.
- BISCHOFF, E. E.; MARRIOT, M. D. **A Comparative Evaluation of Heuristics for Container Loading**. European Journal of Operational Research, v.44.n.2, p.267-276, 1990.
- DOBGENSKI, Jeanne; CEZAR, D. F. O. **Aplicações Heurísticas para um Caso Real do Problema de Carregamento de Container**. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, v. 1, n.1, 2006.
- GEHRING, H., BORTFELDT, A. A., **A genetic algorithm for solving the container loading problem**. International Transactions In Operations Research 4, 1997. 401-418.
- JUNQUEIRA, Leonardo; MORABITO, Reinaldo; YAMASHITA, Denise Sato. **Abordagens para problemas de carregamento de contêineres com considerações de múltiplos destinos**. Gest. Prod., São Carlos, v.18, n.2, p.265-284, 2011.
- LIANG, S. C., LEE, C. Y., HUANG, S. W., **A Hybrid Meta-heuristic for the Container Loading Problem**. Communications of IIMA 7, 2007. 73-84.
- KIRKPATRICK, C; GELATT, C. D.; VECCHI, M. P. **Optimization by simulated annealing**. Science, v. 220, n. 4598:671-690, 1983.
- SOUZA, M.J.F., et al. **Metaheurísticas aplicadas ao problema de programação de tripulações no sistema de transporte público**. TEMA Tend. Mat. Apl. Comput., 5, n.2: 357-368, 2004.
- TSURUTA, J.; NARCISO, M. G. **Um estudo sobre algoritmos genéticos**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2000. 17 p.
- VENDRAMINI, Eliane. **Otimização do Problema de Carregamento de Container Usando uma Metaheurística Eficiente**. Dissertação de mestrado da Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira – SP, 2007.