Restrições do tipo *Multi-Commodity Flow* Aplicadas ao Problema Integrado de Dimensionamento e Sequenciamento da Produção

Michelli Maldonado, Socorro Rangel

Univ. Estadual Paulista - UNESP/Ibilce Depto. Matemática Aplicada São José do Rio Preto - SP
michelli@ibilce.unesp.br, socorro@ibilce.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é propor um modelo matemático para o Problema Integrado de Dimensionamento de Lotes e Sequenciamento da Produção (PIDS), considerando um processo de produção que envolve um estágio, uma máquina e com tempos e custos de preparo dependentes da sequência. Um exemplo ilustrativo é utilizado para estudar o comportamento computacional do modelo proposto comparado com um modelo da literatura.

Dimensionamento de Lotes, Sequenciamento da Produção, Problema do Caixeiro Viajante Assimétrico, *Multi-Commodity Flow*.

1. Introdução

Decisões de planejamento da produção sempre exerceram grande influência sobre o desempenho das empresas. Questões como dimensionamento e sequenciamento de lotes, adequação dos níveis de estoque, atendimento da demanda de mercado e a consequente sincronização de todos esses processos são ainda hoje desafios presentes na cadeia de suprimentos.

O processo de dimensionar lotes de produção consiste em determinar quanto produzir de cada produto em cada período a fim de atender a uma demanda prevista sob as condições e capacidades operacionais existentes. Um dimensionamento incorreto dos lotes pode causar excesso de produto acabado em estoque, ou pedidos de venda não totalmente atendidos e eventuais perdas de material perecível. Por sua vez, sequenciar lotes de produção significa determinar em que ordem produzir esses lotes de forma a melhor aproveitar os recursos produtivos e atender aos prazos estabelecidos. Um sequenciamento ineficiente pode provocar o não cumprimento dos prazos, reduzir significativamente a capacidade da linha de produção, acumular antecipadamente estoques de produtos acabados, gerar custos maiores de preparação de máquinas, entre outros (Pinedo (1995)).

Em muitos processos industriais, as decisões de dimensionamento de lotes e de sequenciamento da produção são tomadas simultaneamente para que a utilização da capacidade da máquina seja eficiente. (Clark et al. (2011)).

Uma estratégia para integrar o dimensionamento de lotes com o sequenciamento da produção é incluir restrições do Problema do caixeiro Viajante Assimétrico (PCVA) no modelo de dimensionamento de lotes. Existem diversas formulações para o PCVA que podem ser usadas para modelar as decisões de sequenciamento. Essas formulações diferem-se principalmente na estratégia usada para representar as restrições de eliminação de subrotas (Oncan et al. (2009)). Duas classes de restrições de eliminação de subrotas são consideradas clássicas, uma delas foi proposta por Miller et al. (1960) e a outra foi proposta por Dantzig et al. (1954), denominadas aqui por MTZ e DFJ, respectivamente. A formulação DFJ apresenta um número exponencial de restrições porém fornece uma boa relaxação linear. A atratividade das restrições MTZ é que ela possui uma representação polinomial compacta. No entanto, sabe-se que as restrições MTZ produzem uma relaxação linear fraca. As restrições clássicas já foram usadas em diversas

aplicações para modelar as decisões de sequenciamento do PIDS, por exemplo, container de vidro (Almada-lobo et al. (2007)), fábrica de nutrição animal (Toso e Morabito (2005)), indústria de bebidas (Ferreira et al. (2010) e Defalque et al. (2011)).

Outra classe de restrições de eliminação de subrotas para o PCVA foi proposta por Claus (1984), conhecidas por *Multi-Commodity Flow* (MCF). As MCF tem representação polinomial e em Orman e Williams (2007) é apresentado um estudo que prova que a relaxação linear obtida pela MCF é equivalente a relaxação linear obtida pela DFJ. As *Multi-Commodity Flow* são usadas em Clark et al. (ress) para modelar as decisões de sequenciamento na presença de tempos e custos de preparação não-triangulares. O objetivo desse trabalho é apresentar uma formulação para o PIDS usando as restrições MCF para modelar as decisões de sequenciamento.

Referências

- Almada-lobo, B.; Klabjan, D.; Antónia carravilla, M.; Oliveira, J. F.** (2007). Single machine multi-product capacitated lot sizing with sequence-dependent setups. *International Journal of Production Research*, 45(20), 4873–4894.
- Clark, A.; Almada-Lobo, B.; Almeder, C.** (2011). Lot sizing and scheduling: industrial extensions and research opportunities. *International Journal of Production Research*, 49(9), 2457–2461.
- Clark, A. R.; Mahdieh, M.; Rangel, S.** (2014 in press.). Production lot sizing and scheduling with non-triangular sequence-dependent setup times. *International Journal of Production Research*.
- Claus, A.** (1984). A new formulation for the traveling salesman problem. *SIAM journal on algebraic and discrete methods*, 5(1), 21–25.
- Dantzig, G.; Fulkerson, R.; Johnson, S.** (1954). Solution of a large-scale traveling-salesman problem. *Journal of the Operations Research Society of America*, 2(4), 393–410.
- Defalque, C. M.; Rangel, S.; Ferreira, D.** (2011). Usando o ATSP na modelagem do problema integrado de produção de bebidas. *Tendências em Matemática Aplicada*, 12(3), 195–209.
- Ferreira, D.; Morabito, R.; Rangel, S.** (2010). Relax and fix heuristics to solve one-stage one-machine lot-scheduling models for small-scale soft drink plants. *Computers & Operations Research*, 37(4), 684–691.
- Miller, C. E.; Tucker, A. W.; Zemlin, R. A.** (1960). Integer programming formulation of traveling salesman problems. *J. ACM*, 7(4), 326–329.
- Oncan, T.; Altinel, A. K.; Laporte, G.** (2009). A comparative analysis of several asymmetric traveling salesman problem formulations. *Computers & Operations Research*, 36(3), 637–654.
- Orman, A.; Williams, H.** (2007). A survey of different integer programming formulations of the travelling salesman problem. *E.J. Kontoghiorghes, C. Gatu (Eds.), Optimisation, economics and financial analysis. Advances in computational management science*, 9, 93–106.
- Pinedo, M.** (1995). *Scheduling - Theory, Algorithms and Systems*. Prentice Hall.
- Toso, E. A. V.; Morabito, R.** (2005). Otimização no dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações. *Gestão & Produção*, 12(2), 203–217.