

PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE POLPA MOLDADA

Karim Yaneth Pérez Martínez

Universidade Federal de São Carlos
karim.1504@gmail.com

Reinaldo Morabito Neto

Universidade Federal de São Carlos
morabito@ufscar.br

Eli Angela Vitor Toso

Universidade Federal de São Carlos - *Campus Sorocaba*
eli@ufscar.br

RESUMO

O objetivo deste projeto de pesquisa é o estudo das decisões envolvidas no planejamento e programação da produção na indústria de polpa moldada. Estas decisões estão relacionadas com a determinação dos processos a partir dos quais são produzidos os diferentes produtos, e o dimensionamento e sequenciamento de lotes de tais processos. Estudos anteriores abordaram o dimensionamento e sequenciamento de lotes neste tipo de indústria, propondo modelos que se mostraram adequados e eficientes para exemplares reais, no entanto, as decisões de geração de processos não foram consideradas. Na tentativa de propor abordagens de planejamento eficientes, que incorporem mais aspectos da realidade e plausíveis de serem implementados na prática, esta pesquisa pretende abordar de forma integrada as decisões de geração de processos e dimensionamento e sequenciamento de lotes na indústria de polpa moldada, propondo novos modelos e estudando métodos de solução híbridos que auxiliem as atividades de planejamento e programação.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de processos, dimensionamento e sequenciamento de lotes, planejamento e programação da produção, indústria de polpa moldada.

1. Introdução

A preocupação com a sustentabilidade dos processos industriais, com a não geração de resíduos e a conservação do meio ambiente está em constante aumento no mundo, fazendo com que as atividades relacionadas à recuperação de valor de produtos pós-consumo ganhem cada vez mais espaço. A produção de produtos em polpa moldada, ou fibra moldada, representa um exemplo dos processos de produção que contribuem para o reaproveitamento de materiais fora de uso, especificamente no setor de reciclagem de papel. A polpa moldada é obtida pelo processo de desagregação ou separação das fibras de aparas de papel, que misturadas à água e a produtos químicos, formam uma massa (polpa). Esta polpa pode ser moldada para dar origem a diversos produtos como: bandejas para acondicionamento, transporte e proteção de hortifrutigranjeiros; embalagens; calços para proteção de equipamentos eletrônicos, elétricos e de madeira; entre outras aplicações (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE, 2013). Este processo de fabricação envolve um alto consumo de aparas de papel que são a principal matéria prima, contribuindo para recuperação de valor de papel pós-consumo.

O Brasil está entre os maiores produtores de papel, registrando uma produção de mais de 10 milhões de toneladas em 2012 (BRACELPA, 2014). Em geral, a produção de papel no Brasil tem crescido durante as últimas décadas, registrando um crescimento médio anual de aproximadamente 5,5% desde o ano 1970 até o ano 2012. Na medida em que a produção neste setor cresce, a preocupação para a recuperação dos volumes de papel destinados ao consumo doméstico também aumenta. Atualmente, o Brasil registra uma taxa de aproveitamento de 45,5% do consumo aparente de papel, enquanto a Coreia, por exemplo, registrou em 2010 uma taxa de recuperação de 91,6% do volume consumido (BRACELPA, 2014). De acordo com a Associação Nacional dos Aparistas (ANAP), as atividades de reutilização do papel geram dupla receita para o governo, que recebe também um benefício extra ao não ter custo com o descarte do material (ANAP, 2014). Além disso, os produtos que utilizam polpa moldada consistem em uma alternativa econômica e ecologicamente mais adequada para uma ampla gama de produtos, podendo substituir outros tipos de materiais como EPE (Poliétileno Expandido), EPS (Poliestireno Expandido ou Isopor), papelão e madeira (EUROPEAN MOULDED FIBRE ASSOCIATION - EMFA, 2013).

Todas estas características e informações ressaltam a importância econômica e ambiental das atividades de produção próprias da indústria de polpa moldada. Neste contexto, e motivados por tal importância do setor, esta pesquisa procura determinar abordagens que auxiliem as decisões relacionadas ao planejamento e programação da produção de modo eficiente, realista e plausíveis de serem implementados na prática.

2. Descrição do problema

O processo de produção de produtos de polpa moldada envolve as etapas de formação da fibra, moldagem e secagem. Dependendo do uso e finalidade dos produtos finais, o processo de produção completo pode envolver etapas adicionais de acabamento do material e personalização dos produtos, ou condições especiais para garantir higiene no processo de produção. Na etapa de formação da fibra, as matérias-primas geralmente formadas por aparas de papel jornal, revistas, papel sulfite, entre outros, são misturadas no com água, pasta mecânica e outros agentes químicos no equipamento apropriado (*Hydrapulper*) para a formação da polpa. Na etapa de moldagem, a fibra passa por um equipamento apropriado que contém o conjunto de moldes que dão o formato da embalagem à polpa, através de operações de pressão e sucção do excesso de água. Finalmente, o material passa pela etapa de secagem, onde é submetido a altas temperaturas durante um tempo determinado, eliminando a umidade do material, deixando-o apto para seu uso final. Este processo de produção pode ser considerado como um processo monoestágio apesar de envolver diversas etapas, devido à continuidade do material desde a entrada da matéria-prima, até a obtenção dos produtos, sem estoques intermediários.

A característica deste processo de produção que apresenta maiores desafios para as atividades de planejamento e programação da produção encontra-se na etapa de moldagem. A moldagem dos diferentes produtos é realizada a partir de ferramentais específicos que consistem em um conjunto de moldes de diversos formatos, e que são acoplados a um sistema de rotores sincronizados. Estes ferramentais são chamados de padrões de moldagem, os quais podem conter moldes para um, dois ou mais tipos de produtos diferentes, como acontece, por exemplo, no processo de produção embalagens em fibra moldada para acondicionamento de ovos e frutas (PÉREZ, 2013).

Os tempos e custos de preparação neste tipo de indústria são significativos e requerem mão de obra especializada. No caso da produção de embalagens para acondicionamento de ovos e frutas, os tempos de preparação podem ser bastante elevados, variando entre 20 minutos e 48 horas de acordo com a sequência em que os padrões de moldagem são programados, e envolvendo altos custos por hora dedicada a estas operações. Estas características, somado à alta demanda que caracteriza a produção de produtos de polpa moldada, resalta a importância de gerar planos de produção que aproveitem de forma eficiente a capacidade e recursos disponíveis, de modo a ampliar a cobertura do serviço e reduzir os custos envolvidos.

Em pesquisa anterior (PÉREZ, 2013), constatou-se que as atividades de planejamento e programação da produção na indústria de polpa moldada estão principalmente relacionadas com a escolha dos padrões de moldagem a serem utilizados, o tempo durante o qual devem ser usados, e a sequência em que devem ser programados. Para representar e resolver o problema estudado foram propostas duas abordagens de modelagem baseadas no Problema de Dimensionamento de Lotes Capacitado (CLSP) e o Problema de Dimensionamento e Sequenciamento de Lotes Geral (GLSP). Estas abordagens demonstraram vantagens significativas quanto à redução de custos e aproveitamento da capacidade, quando comparados com o planejamento realizado em uma fábrica do setor. Neste trabalho, foram considerados padrões de moldagem definidos *a priori*, ou seja, a decisão sobre a configuração de padrões para moldagem não foi incorporada no problema de planejamento da produção.

Considerando as vantagens que podem ser obtidas através do planejamento eficiente da produção e a importância econômica e ambiental da produção de produtos de polpa moldada, esta pesquisa pretende estudar abordagens de modelagem integradas que representem as decisões de geração de processos, que consiste na geração de padrões de moldagem nesta indústria em particular, e as decisões de planejamento da produção. As decisões relacionadas à geração de padrões de moldagem consistem em determinar a conformação e arranjo dos moldes individuais de diferentes produtos em um único ferramental, assemelhando-se aos problemas de empacotamento, sujeito à disponibilidade limitada dos moldes individuais e às especificações técnicas envolvidas. Já as decisões de planejamento da produção consistem no dimensionamento e sequenciamento de lotes de processo, em que cada padrão de moldagem representa um processo a partir do qual são obtidos diferentes produtos. As decisões envolvidas nestas atividades consistem em definir quais padrões de moldagem utilizar, o tempo de produção de cada um deles, e a designação e sequenciamento dos mesmos em cada linha de produção. Todas estas decisões devem ser abordadas, obedecendo às restrições do sistema de produção estudado e otimizando o recursos disponíveis.

3. Métodos e abordagens

Esta pesquisa se fundamenta no pressuposto de que podemos construir modelos que expliquem total ou parcialmente o comportamento dos processos operacionais de ambientes reais, e que podemos também capturar os problemas de tomada de decisão envolvidos nestes processos. Segundo Bertrand e Fransoo (2002) e Morabito e Pureza (2009), esta pesquisa pode ser caracterizada como empírica prescritiva, visto que propõe principalmente criar um modelo que se ajuste às observações e ações no sistema real, desenvolvendo estratégias, políticas e ações para melhorar a situação atual.

A metodologia de pesquisa proposta para este trabalho se assemelha às etapas definidas por Hillier e Lieberman (2002) para os estudos em pesquisa operacional. O primeiro passo envolve a definição do problema abordado, a caracterização do sistema de produção estudado e a apresentação dos dados e informações relevantes relacionadas.

Em seguida é proposto um modelo matemático para representar o problema, que deve-se adequar corretamente às considerações particulares do sistema de produção. Nesta etapa será tomado como ponto de partida formulações propostas em pesquisas anteriores relacionadas à indústria de embalagens em polpa moldada (PÉREZ, 2013). Nestas pesquisas constatou-se que modelos baseados nas formulações clássicas do Problema de Dimensionamento de Lotes Capacitado (CLSP) baseados nos modelos propostos por Almada-Lobo et. al (2007) e o Problema de dimensionamento de Lotes Geral (GLSP) baseados nos modelos de Meyr (2002) e Ferreira et al. (2012) são adequadas para o problema em estudo, sendo capazes de gerar planos de produção eficientes em tempos computacionais viáveis para as decisões no nível tático-operacional envolvidas no dimensionamento e sequenciamento de lotes. Portanto, estas abordagens fornecem uma base para a incorporação das decisões relacionadas à geração de processos de produção

típicos na indústria de polpa moldada, as quais fazem parte do planejamento e programação da produção do sistema estudado.

A seguir, serão realizados estudos computacionais a partir da resolução do modelo proposto, sobre exemplares reais do sistema de produção particular, verificando a necessidade de efetuar ajustes no modelo e a consideração de métodos de solução mais eficazes. Em seguida, será implementado o método de solução definido para o problema em estudo em uma linguagem de programação de baixo nível. Igual que na validação dos modelos propostos, serão realizados estudos computacionais para o delineamento e experimental e análise do desempenho computacional do método proposto.

Por fim, os resultados dos estudos computacionais serão apresentados, analisados e comparados com informações reais, a fim de verificar a eficiência e eficácia da abordagem proposta em relação ao desempenho computacional e geração de melhores planos de produção viáveis e eficientes em configurações produtivas reais.

4. Análise dos resultados

Os resultados obtidos através desta pesquisa serão analisados em dois aspectos principais que compreendem a validação prática dos resultados obtidos, e a análise do desempenho computacional das abordagens propostas.

A validação prática está relacionada com a análise dos resultados das abordagens propostas com colaboração dos responsáveis do processo de planejamento da produção em empresas setor. Desta forma, é possível verificar se a abordagem de planejamento proposta nesta pesquisa gera programas de produção adequados para o sistema em estudo, que representam as decisões envolvidas, e que sejam plausíveis para serem implementados na prática. Adicionalmente, os planos de produção resultantes serão comparados detalhadamente com os programas de produção praticados em fábricas do setor, analisando as vantagens e diferenças em relação à flexibilidade de planejamento, aproveitamento da capacidade, atendimento da demanda, tempo dedicado às operações de preparação das linhas de produção, entre outros elementos importantes, característicos da indústria de polpa moldada.

A análise do desempenho computacional das abordagens propostas está relacionada com o estudo das soluções obtidas pela resolução do modelo de programação inteira mista e o método de solução proposto. Em um primeiro momento, serão analisadas as soluções obtidas pela resolução do modelo através de um pacote comercial para diferentes conjuntos de exemplares para verificar a capacidade do modelo de gerar soluções factíveis, a qualidade das mesmas e o tempo computacional envolvido na resolução dos exemplares. Em relação ao método de solução, serão realizados estudos computacionais para conjuntos de exemplares de diferentes tamanhos e características, baseados em informações do sistema de produção real, analisando a qualidade das soluções obtidas e os tempos computacionais envolvidos na resolução dos exemplares. Da mesma forma, os resultados obtidos através da resolução do modelo serão comparados com os resultados fornecidos pelo método de solução, identificando as vantagens e desvantagens de cada abordagem para cada conjunto de problemas, e as melhorias obtidas no desempenho computacional da abordagem proposta.

Referências

Almada-Lobo et al. (2012). Single machine multi-product capacitated lot sizing with sequence-dependent setups. *International Journal of Production Research*, Londres, v.45, n.20, p.4873 - 4894, 2007.

Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA (2014). Dados do setor, Setembro 2013. Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/>>. Acesso em: 15/02/2014.

Associação Nacional dos Aparistas de Papel - ANAP (2014). Relatório anual 2012. Disponível em: <<http://www.anap.org.br/>>. Acesso em: 15/02/2014.

Bertrand, J. W. M.; Fransoo, F. C. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operation & Production Management*, Bradford, v.2, n.2, p.241-264.

Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE (2013). Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 07/10/2013.

European Moulded Fibre Association - EMFA (2013). Disponível em: <<http://www.emfa.eu/>>. Acesso em: 01/10/2013.

Ferreira, D. et al. (2012). Single-stage formulations for synchronised two-stage lot sizing and scheduling in soft drink production. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v.136, p.255-265.

Hillier, F. S.; Lieberman, G. J. (2002) *Introduction to operations research*. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2002. 1197 p.

Meyr, H. (2002). Simultaneous lotsizing and scheduling on parallel machines. *European Journal of Operational Research*, Amsterdam, v.139, p.277–292.

Morabito, R.; Pureza, V. (2009). Modelagem e Simulação In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.) *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2009.p.165-195.

Pérez, K. Y. M. (2013). *Planejamento e Programação da Produção na Indústria de Embalagens em Polpa Moldada*. 2013. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, DEPS-UFSCar, Sorocaba.