

1 Introdução

1.1 Conceituação do problema

Nesta dissertação foi desenvolvido um estudo de caso sobre seqüenciamento diário de produção (*sequencing*) em um Laminador de Tiras a Quente (LTQ) de uma usina siderúrgica integrada considerando o enformamento a frio das placas de aço. Deseja-se encontrar a melhor seqüência de placas a laminar no LTQ de forma a se ter um bom desempenho de todo o sistema.

A empresa estudada é a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), que hoje produz e comercializa apenas placas de aço (cerca de 4,5 Mt/ano) com espessuras e larguras variadas destinadas, principalmente, a atender as demandas das empresas de laminação a quente e/ou a frio do mercado externo. A partir do segundo semestre de 2002, entrará em atividade o LTQ que produzirá bobinas de aço laminadas a quente (BQs) com espessuras variando entre 1,00 e 16,00 mm. As BQs são produtos com maior valor agregado do que as placas e para produzi-las a empresa utilizará como *input* no LTQ essencialmente placas com 225 mm de espessura.

Considera-se inicialmente que a empresa trabalhará apenas com o ‘enformamento a frio’ das placas de aço no Forno de Reaquecimento (*Continuous Casting – Cold Charge Rolling - CC-CCR*). Depois de cumprida a ‘curva de aprendizado’ do LTQ a empresa planeja trabalhar também com ‘enformamento a quente’ das placas de aço (*Continuous Casting – Hot Charge Rolling - CC-HCR* ou *Continuous Casting – Direct Hot Charge Rolling - CC-DHCR*), mas mesmo assim estima-se que a ocorrência deste tipo de enformamento será menor que a do enformamento a frio.

A empresa continuará a atuar no mercado de placas, que ainda absorverá pouco mais de 50% da produção total. O restante das placas serão usadas como *inputs* na produção de BQs no LTQ.

A proposta deste estudo de caso é desenvolver um modelo computacional baseado em uma ‘heurística’ que auxilie o programador a fazer um ‘bom’ seqüenciamento diário das placas de aço que entrarão (*inputs*) no LTQ para serem processadas e transformadas em BQs (*outputs*). Entende-se ‘bom seqüenciamento’

como sendo aquele que permite um bom aproveitamento do equipamento, principalmente dos cilindros do trem acabador (TA) e, também, atenda a outras restrições e objetivos secundários, como a qualidade do acabamento e o atendimento às datas de entrega prometidas. Deseja-se ainda que a tarefa de programação e seqüenciamento da produção se torne rápida e fácil, visto que seqüenciar manualmente é tarefa difícil e demorada em função das diferentes restrições que devem ser respeitadas, ao mesmo tempo, para se ter uma boa seqüência.

Existem métodos computacionais de otimização combinatorial que encontram a melhor seqüência ou ‘solução ótima’ segundo critérios perfeitamente especificados, mas são desaconselháveis para este tipo de aplicação devido à grande quantidade de placas e restrições a serem consideradas. Essas características do caso em análise tornam o problema complexo, conseqüentemente com exigência de tempo computacional impraticável operacionalmente. Tais problemas são conhecidos na linguagem de otimização como ‘problemas difíceis’ ou *hard-problems*.

Trata-se de um típico problema de seqüenciamento de produção em um ‘fluxo contínuo’. O LTQ é subdividido em três grandes equipamentos principais (Forno de Reaquecimento de Placas – FR, Laminador de Desbaste ou Desbastador - LD, e o Trem Acabador - TA), onde cada um destes influencia bastante nas restrições e regras gerais de seqüenciamento.

É importante aqui ressaltar que o caráter combinatório do problema tratado naturalmente direciona o pesquisador acadêmico para uma rápida formulação do problema e uma maior ênfase no método de solução. Não foi esse o caminho eleito para este estudo. Muitos pesquisadores, acadêmicos ou não, de sucesso em aplicações industriais de pesquisa operacional concordam que a maioria dos sucessos obtidos são frutos de cuidadosa e criativa formulação e não de um processo de resolução engenhoso e elegante. O presente caso é uma ilustração da complexidade freqüentemente encontrada em problemas industriais, das dificuldades de se chegar a uma formulação adequada, realista e praticável. Ele também deixa claro que qualquer boa formulação de um problema industrial complexo é, geralmente, calçada em particularidades da situação concreta e, sendo esta muito dinâmica, nenhuma solução é definitiva.

Em geral, as empresas de laminação a quente trabalham exclusivamente atendendo a pedidos sob encomenda, muitas vezes personalizados, portanto, não produzem BQs para estoques. Para a CST, particularmente, devido à mudança do tipo de mercado, atender também a demanda de BQs será uma brusca mudança gerencial, logística (maioria dos clientes em mercado doméstico) e operacional.

A motivação deste estudo se deve ao fato que grande parte das empresas do setor siderúrgico brasileiro não dispõem de programas automatizados de seqüenciamento e, as que os possuem, utilizam programas que são conhecidos como ‘pacotes fechados’, ou seja, são obrigadas a confiar nos sistemas que usam sem ter uma noção clara das abordagens heurísticas que existem por trás deles. Dessa forma, não dominam o princípio de funcionamento e ficam na dependência das empresas que os implantam.

O protótipo do programa foi desenvolvido inspirado por uma formulação matemática que é uma espécie de ‘problema da mochila’ e foi implementado em um ambiente de programação *Delphi*.

Os dados de teste foram coletados junto aos departamentos de planejamento e programação da produção da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

1.2 Objetivos

O objetivo (descartada a possibilidade de otimização) é auxiliar a empresa na formação de boas seqüências diárias de placas para o LTQ de maneira a agilizar o processo, ou seja, formar rapidamente seqüências boas e confiáveis. É importante ressaltar que o programa computacional foi construído apenas como protótipo, desta forma, não é adequado para uso em escala industrial.

Academicamente, a intenção deste estudo é entender de forma mais aprofundada os problemas de seqüenciamento em um importante setor econômico/industrial, que concilia equipamentos de grande porte e fluxo de produção com centenas de pedidos pequenos (relativamente à capacidade de produção) de dezenas de clientes diferentes e com características mecânicas/químicas diferentes.

1.3 Composição da dissertação

No Capítulo 2 é feita uma breve descrição do processo de fabricação de tiras a quente em uma usina siderúrgica integrada a coque bem como do problema geral de seqüenciamento de um LTQ. Tais descrições têm como objetivo fornecer um pano de fundo para o problema tratado. O Capítulo 3 faz uma breve revisão da literatura mais diretamente relevante. O problema de seqüenciamento diário no LTQ específico da CST é abordado no Capítulo 4, onde são mostradas as suas características, produtos, descrição do processo produtivo da empresa bem como as considerações para a formação das seqüências no LTQ. O Capítulo 5 mostra a proposta do sistema, definindo o método de solução e formulação matemática do problema. No Capítulo 6 são feitas as considerações finais sobre o trabalho da dissertação, citando alguns dos problemas encontrados e comentários sobre os resultados encontrados. São feitas também sugestões para trabalhos futuros. O Capítulo 7 mostra as referências bibliográficas utilizadas para a composição da dissertação. Anexos para complementar assuntos abordados durante o trabalho estão no final deste estudo.