

1. Introdução.

1.1. Motivação

A indústria mundial de refino tem sido forçada no decorrer dos últimos anos a uma constante redução das margens de lucro. No Brasil, além disso, a indústria de refino vem desenvolvendo um grande esforço para, simultaneamente, reduzir seus custos e melhorar a qualidade dos produtos produzidos, por exigência de um mercado mais competitivo e por restrições impostas pela legislação em vigor (Miranda, 2001).

Neste cenário, a otimização da produção de uma refinaria pode ser um passo fundamental para reduzir custos, reduzir estoques e garantir a qualidade desejada dos produtos.

Como fatores que mais motivaram este trabalho podemos citar:

- Complexidade do Problema: Os problemas de planejamento são problemas conhecidos e difíceis de se resolver, sendo sempre desafios interessantes para novos modelos e algoritmos de otimização;
- Custos envolvidos: Os custos envolvidos na operação diária de uma refinaria são altíssimos, justificando medidas que possam apoiar a tomada de decisão neste cenário;
- Necessidade de resposta rápida para tomada de decisão: O programador de produção muitas vezes se depara com situações inesperadas (como manutenção de urgência em determinados equipamentos) que podem atrapalhar a programação prévia que havia sido feita, necessitando, então, de uma ferramenta que o auxilie a adaptar rapidamente sua programação e avaliar os impactos desta na operação da refinaria (*scheduling* reativo);
- Ausência no mercado de ferramenta consolidada: Não existe ainda uma ferramenta, ou sequer uma metodologia, que satisfaça a todas as necessidades do programador de produção;

- Algoritmos Evolucionários têm sido aplicados com sucesso em problemas de planejamento e programação, como apresentado em (Cruz, 2003; Almeida, 2001; Bäck et al, 1997; Wall, 1996; Bagchi et al, 1991; Fox & McMahon, 1991; Fang et al, 1993; Morikawa et al, 1992; Bean, 1994; Davis, 1985; Cleveland & Smith, 1989; Hou et al, 1991; Falkenauer & Bouffouix, 1991; Kanet & Sridharan, 1991; Husbands et al, 1990,1991);

1.2. Objetivo

O objetivo desta dissertação é estudar a aplicabilidade e o desempenho da computação evolucionária na otimização da programação da produção numa refinaria de petróleo, considerando as diversas etapas do refino. Em particular, busca-se um sistema capaz de tratar o problema de modo global, isto é, considerando todas as etapas do refino e seus respectivos objetivos a serem otimizados. Ou seja, o modelo deve considerar desde o recebimento do petróleo cru, a destilação deste petróleo, o tratamento das frações, a obtenção de produtos acabados a partir destas frações, até finalmente a entrega de cada produto. O sistema de otimização deve levar em conta cada um dos objetivos mais comuns na programação da produção em refinarias, tais como:

- Atender à demanda dos produtos;
- Minimizar os custos de produção;
- Atender, sem desvio, às especificações dos produtos;

Estes objetivos serão abordados e explicados com mais detalhes mais adiante, ao se apresentar a função de avaliação do algoritmo co-evolucionário, quando será mostrada a forma de quantificar e interpretar cada um deles.

Ao final deste trabalho, espera-se atingir três metas:

- Análise do processo de refino, e identificação de suas etapas;
- Análise da aplicabilidade da otimização por computação evolucionária para a programação da produção em refinarias;
- Desenvolvimento de uma aplicação para otimização da programação da produção.

1.3. Descrição do Trabalho

A pesquisa que originou esta dissertação consistiu em três etapas principais: um estudo sobre o refino de petróleo e a programação da produção em refinarias; a definição de um modelo usando algoritmos genéticos e co-evolução cooperativa para otimização da programação da produção e a implementação de uma ferramenta para estudo de caso.

O estudo sobre o refino e a programação da produção envolveu o levantamento das várias etapas do processamento do petróleo em uma refinaria, desde o seu recebimento, destilação e transformação em diversos produtos acabados, que são então enviados a seus respectivos destinos. Neste estudo, também foi levantada a estrutura de tomada de decisão em uma refinaria e seus vários níveis, diferenciando os objetivos destes níveis e explicitando o papel da programação da produção nesta estrutura.

Foram levantados os modelos de mistura, e um algoritmo evolucionário foi concebido para tratar o problema de otimização de receitas de misturas isoladamente, em forma de bateladas (Simão et al, 2003).

Como a otimização das misturas para criação de produtos na refinaria é dependente da programação de cada uma das atividades previstas em cada horizonte de produção, ficou clara a existência de um problema muito mais complexo a ser resolvido: a otimização da programação da produção.

A partir daí, foram estudadas em detalhes todas as atividades que normalmente ocorrem na refinaria e que são definidas na programação, e seus papéis na produção da refinaria. A decisão de quando e com que recursos executar estas atividades é o resultado final da programação e, portanto, a saída principal do algoritmo.

A modelagem do algoritmo genético consistiu inicialmente em um estudo de representações utilizadas para problemas de *scheduling*. Após verificar algumas abordagens existentes na literatura, suas vantagens e limitações para o problema em questão, o modelo co-evolucionário apresentado por Cruz (2003) foi adotado. Este modelo havia sido empregado com sucesso na otimização do planejamento da descarga de minério em portos.

O modelo considera a decomposição do problema em duas partes e, portanto, emprega duas populações com responsabilidades diferentes: uma é responsável por indicar quando uma atividade deve ser planejada e a outra é responsável por indicar com quais recursos essa mesma atividade deve ser realizada. A primeira população teve sua representação baseada em um modelo usado para problemas do tipo “Dial-A-Ride” (Moon et al, 2002), que utiliza um grafo para indicar a função de avaliação a ordem na qual o planejamento deve ser construído. Esta representação foi elaborada desta forma para que fosse levada em conta a existência de restrições de precedência (atividades que devem ser planejadas antes de outras), e assim não fossem geradas soluções inválidas pelo algoritmo. O grafo, que é direcional e tem como arcos os relacionamentos de precedência, vai sendo desmontado, à medida que as atividades são programadas, fazendo com que atividades que têm predecessores só sejam programadas depois que estes são retirados do grafo (por terem sido programados).

A segunda população, que se responsabiliza pela alocação dos recursos para a execução das atividades, conta com uma representação onde os operadores genéticos podem atuar na ordem de escolha dos recursos que podem realizar cada uma das atividades. Esta representação é um vetor de atividades, onde cada posição tem uma lista dos recursos que podem ser alocados para executar tal atividade.

O modelo foi adaptado nesta pesquisa, ao se adotarem algoritmos diferentes para a construção do grafo e, incorporando restrições operacionais do problema, tais como: manutenção de equipamentos, tempo mínimo de preparação de produtos, restrições de volume, vazão e da própria topologia da planta. E, com isso, construir um algoritmo de decodificação que gerasse sempre uma programação válida a partir de cada indivíduo.

Finalmente, desenvolveu-se uma ferramenta para implementar estes modelos e tratar de um estudo de caso, que oferecesse as características necessárias para testar a qualidade das representações e avaliar os resultados. Foi criada uma refinaria bem simples, mas que contasse com todos os tipos de equipamentos, atividades e restrições presentes em uma refinaria real. As restrições existentes são tanto as de precedência, que são incorporadas através do grafo utilizado pela primeira espécie, quanto as restrições operacionais inerentes ao problema e à planta escolhida.

Foram concebidos três cenários de teste com características diversas e que oferecessem diferentes desafios ao algoritmo, tanto em termos de dificuldade de se achar uma solução viável e de qualidade, quanto em termos de custo computacional. Com isso, foi possível validar o processo de decodificação dos cromossomos em soluções viáveis, respeitando as restrições do problema, com um custo computacional aceitável. Os resultados foram comparados com os obtidos com a busca exaustiva, onde somente os operadores genéticos não foram utilizados.

1.4. Conteúdo da Dissertação

Esta dissertação está dividida em mais cinco capítulos, como descrito abaixo.

No Capítulo 2 é feita uma descrição do problema, inicialmente com uma formulação genérica de problemas de programação (*Scheduling*) com restrições, e depois apresentando detalhes da programação da produção em refinarias de petróleo.

No Capítulo 3 são apresentados alguns conceitos de Computação Evolucionária e Co-evolução, assim como modelos evolucionários anteriormente abordados para problemas de *scheduling*.

O capítulo 4 descreve em detalhes os modelos evolucionários adotados para a solução do problema, incluindo representação, avaliação, operadores e parâmetros utilizados.

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos com o protótipo implementado, bem como análises destes resultados para a melhor compreensão dos mesmos.

Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho, além de sugestões para continuação desta pesquisa.