

## 5 Considerações Finais

Este trabalho introduziu uma nova formulação matemática para o projeto de redes logísticas de forma que o modelo fosse integrado e flexível para uma possível aplicação em diversas áreas de atuação no mercado. Simplificações podem ser feitas facilmente, a fim de adaptar melhor a uma situação real. Por outro lado, ampliações também podem ser feitas como a incorporação de linhas de produção e suas restrições ao modelo (Monteiro e Leal, 2008).

Incorporar questões relacionadas às decisões de produção, transportes e estoques a uma formulação de um problema de localização de instalações, torna o modelo bem mais completo e integrado, pois qualquer decisão específica impacta em outras decisões incorporadas no modelo. Se por exemplo, as opções de transporte forem referentes aos modos de transporte disponíveis, ou mesmo, aos serviços multimodais, como a escolha de um transporte de grande quantidade, mais lento e mais barato entre os armazéns e os clientes, que é escolhido, pode acarretar em um aumento nos custos de estoques, visto que mais produtos devem ser estocados para suprir a demanda do mercado. Para o modelo estudado refletir isto, bastaria incluir na formulação os custos de estoques em trânsito<sup>1</sup> nos modais utilizados entre as instalações a fim de avaliar o impacto do modo de transporte escolhido.

A formulação pode ser ampliada, ainda, para considerar questões que elevam o nível de estoque, e, portanto, seus custos, como a variação do lead-time (incerteza associada ao tempo de ressuprimento) e o custo da falta de estoques e/ou pedido em aberto. Ambos refletem em um aumento do estoque de segurança, e conseqüentemente, nos seus custos associados.

---

<sup>1</sup> No seu cálculo é levado em consideração o tempo que os produtos estiveram em trânsito, o custo de manutenção de estoques na mesma unidade de tempo e a quantidade movimentada durante o período considerado (BALLOU, p.304, 2006)

Caso o foco do modelo fosse coordenar a cadeia de suprimentos ao longo do tempo, a fim de acompanhar a variação da demanda em função do tempo, seria necessário transformá-lo em um modelo dinâmico.

Por outro lado, o modelo tem alguns limitantes em sua formulação. Dentre eles, citamos primeiramente a dos estoques, que são considerados somente nos armazéns, não sendo permitidos em outros pontos de estocagem ao longo da rede logística. Outro limitante é o lead-time que é fixo, pois não considera a variabilidade no tempo de atendimento dos pedidos (ressuprimento). O tamanho do lote e o ponto do pedido são calculados a partir da demanda dos armazéns para as plantas. Pelos valores apresentados nas Tabelas 10, 13 e 17 pode-se verificar que ajustes devem ser realizados para validar a política de estoques utilizada e evitar, portanto, falta de produtos durante o lead-time. A junção de dados reais (Monteiro, 2002) com dados gerados para a construção das instâncias pode ser uma explicação plausível para estes ajustes referidos anteriormente.

Na forma como foi modelado o problema, não é possível adicionar uma restrição de fornecimento único, de modo que, por exemplo, um único fornecedor possa suprir a demanda conjunta de todos os produtos demandados por cada cliente.

Em relação à política de aquisição e transporte, não é considerado o desconto por quantidade adquirida e por quantidade transportada (quanto maior a quantidade transportada, menor é o frete por distância percorrida). Apesar disso, o modelo pode ser considerado original, como confirmado pelo trabalho de Melo, Nickel e Saldanha da Gama (2008), mas algumas melhorias poderiam ainda ser introduzidas, como forma de pesquisas futuras. Uma delas é aumentar a amplitude do modelo para considerar outras variáveis de decisão ainda não abordadas pela literatura além das aqui consideradas (Ibid), tais como capacidade e roteirização.

O algoritmo de solução do modelo aplicado foi o “Outer-Approximation”, que alterna duas metodologias de resolução, uma para resolver subproblemas do tipo NLP e outra para resolver subproblemas do tipo MILP. O algoritmo foi executado para quatro instâncias (cenários) diferentes e com grau de complexidade (número de variáveis inteiras e restrições lineares) crescente.

A maior restrição encontrada para a execução foi a necessidade de mais memória disponível. Na instância 3 foram necessárias mais 417 Mb e na instância 4, 1996 Mb, que o notebook utilizado não tinha disponível.

No método de resolução do modelo proposto podem ser introduzidas técnicas para acelerar a convergência para o valor ótimo, como tem sido feito com outras metodologias (Cordeau, Pasin e Solomon (2006)). Em relação ao resultado alcançado, podem-se aplicar técnicas de convexificação para encontrar o ótimo global.

Outra forma de trabalhar na complexidade do problema, resultando em uma convergência rápida para a solução ótima, é através da modelagem computacional com o estudo da lógica proposicional e programação disjuntiva (Grossmann, 2002).

Concluindo, os seguintes itens podem ser citados como propostas de problemas a serem estudados em pesquisas futuras:

- (i) Considerar, além dos armazéns, que os custos de estoques estejam associados a outras instalações.
- (ii) Considerar que o lead-time varie para cada produto por cliente entregue a partir dos armazéns disponibilizados.
- (iii) Incorporar a capacidade e o roteamento de veículos como variáveis de decisão na formulação do modelo (Melo, Nickel e Saldanha da Gama, 2008).
- (iv) Na formulação de estoques, considerar o desconto por quantidade comprada, o custo de não ter o produto em estoque e o custo do estoque em trânsito.
- (v) Desenvolver o modelo para acompanhar o equacionamento de oferta e demanda ao longo do tempo (modelo dinâmico).

Este trabalho não resolve questões de decisão de localização de instalações, de transporte, de produção e de estoques para todas as redes logísticas, visto que cada uma tem suas características intrínsecas. A rede modelada possui suas próprias características, que certamente podem ser parecidas ou não com outras redes. Deseja-se que a partir deste trabalho, novas pesquisas na área sejam

desenvolvidas referentes a modelagens de redes logísticas cada vez mais complexas.