

Estudo do sistema logístico da Embraer

João Murta Alves

ITA, murta@ita.br

Rodrigo Kiyoshi Ojima

ITA, kiyoshi_rko@hotmail.com

Manoel Roman Filho

Embraer, mroman@embraer.com.br

Resumo. *Este artigo é um estudo sobre o sistema de transporte interno de produção da Embraer. Seu objetivo é propor modificações que levem à redução de custos e melhoria da qualidade dos serviços logísticos. O sistema atual baseia-se no sistema de coleta milk-run. Foi proposto um novo sistema de transporte que utiliza tanto conceitos de milk-run como de consolidação de cargas. Para a verificação da eficiência do novo sistema utilizou-se a ferramenta de simulação Arena para gerar os indicadores necessários para a comparação. Mesmo com uma versão simplificada do Arena foi possível verificar que o sistema proposto apresenta melhoras significativas de performance em relação ao sistema atual de transporte interno da Empresa.*

Palavras-chave: Logística, simulação, Embraer.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Ching (2001), os custos logísticos no Brasil representam 21% do PNB, sendo que 46% desse total referem-se a transporte, 28% a armazenagem, 18% a manutenção de estoques e 6% a administração. Observou-se também que os custos variam dependendo da indústria. Uma melhor administração desses processos pode ocasionar uma considerável redução do preço final pago pelos consumidores, além de um significativo aumento da qualidade. A gestão integrada da cadeia de suprimentos consegue fornecer vantagens competitivas muito maiores que o fornecido pelo estudo das atividades logísticas de maneira. Para ajudar nessa tarefa, dispõe-se de diversas ferramentas, como os simuladores computacionais, roteirizadores, heurísticas e a pesquisa operacional, que facilitam o trabalho de melhoramento/otimização (BALLOU, 2001).

Tendo isso em vista, o trabalho visa estudar as operações logísticas da Embraer, com mais ênfase no sistema de transporte interno de materiais, de forma a obtermos redução de custos e aumento da qualidade do serviço logístico. Para tanto, foi proposto um novo conceito de transporte de forma a reduzir tanto os tempos de trânsito dos materiais quanto os custos das operações logísticas da empresa e utilizou-se a ferramenta de simulação Arena para gerar os valores dos indicadores de desempenho dos dois sistemas para comparação da eficiência. Atualmente, a concorrência está extremamente acirrada e as empresas que possuírem os menores custos de produção terão uma grande vantagem competitiva sobre seus concorrentes. Nas últimas décadas o sistema *Just In Time*, hoje denominado *Lean Manufacturing*, contribuiu consideravelmente para a redução dos desperdícios da produção, reduzindo inventário, *lead time* e melhorando a qualidade. Desperdício é qualquer quantidade maior do que o mínimo necessário de equipamento, materiais, componentes e tempo de trabalho essencial à produção (HAY, 1992).

Logo, a próxima etapa a ser alvo deste tipo de estudo intenso é a área de logística, que ainda possui muito desperdício em seus componentes tanto de forma isoladamente como de forma integrada. No Brasil, até poucos anos atrás, não havia muita preocupação com as operações logísticas integradas, de forma que há muitas oportunidades para torná-las mais eficientes e com maior grau de competitividade. Ching (2001) diz que a maior parte das pesquisas e publicações científicas trata de problemas logísticos pontuais, como roteirização, simulação e dimensionamento de frota de veículos, localização, dimensionamento e layout de armazéns, etc, e há poucos trabalhos que tratam da integração das atividades logísticas empresariais. Atualmente, apesar desse tema ter recebido atenção do mundo empresarial brasileiro, estamos muito longe do nível alcançado por países desenvolvidos.

A Simulação de Processos por Computador permite estudar como os componentes de um sistema interagem e se comportam, possibilitando monitorar e alterar todas as variáveis e estados do sistema e obter estatísticas sobre todas as etapas do processo. O grau de flexibilidade que esta ferramenta possui pode ser observado em exemplos de aplicações como: atendimento a clientes em uma agência bancária (LOUREIRO, 1998), fabricação de motores (MORAES, 1998) e produção de aço em siderúrgicas (SCARPE, 1998). Mas, segundo Kelton (2001), apesar da simulação de processos por computador ser utilizada desde a década de 80, ela só foi difundida de modo mais amplo no meio acadêmico e no meio empresarial devido à popularização do computador, o que ocorreu nos últimos anos.

O objetivo deste trabalho é propor um novo modelo de transporte interno de produção para a Embraer, a partir do sistema atual, de forma que este novo modelo apresente um tempo de trânsito de materiais e custo menores. Procura-se demonstrar que o novo modelo é realmente mais eficiente, utilizando-se de ferramentas de tratamento estatístico e de simulação, comparando os indicadores dos dois modelos e verificando a variação da eficiência.

Este trabalho está dividido em sete seções. A Seção 2 aborda alguns conceitos de gerenciamento da cadeia de suprimento e fornece detalhes sobre a logística. A Seção 3 descreve o sistema logístico da Embraer, com ênfase no sistema de transporte interno. A Seção 4 trata de conceitos de simulação e suas vantagens. Também é descrito o Arena, um programa de simulação de processos por computador e alguns detalhes de seu ambiente. A Seção 5 descreve os modelos, como eles foram construídos e as considerações relevantes. A Seção 6 apresenta os resultados das simulações já tratados matematicamente e o resultado dos cálculos demonstrando a redução dos custos. Finalmente na Seção 7 temos as conclusões deste trabalho.

2. CONCEITOS DE LOGÍSTICA

Segundo Ballou (2001), um estudo do Fundo Monetário Internacional (FMI), o custo da logística representa em média 12% do produto interno bruto mundial. Para as empresas, os custos logísticos costumam variar entre 4% e 30%. A logística empresarial, logística integrada ou gerenciamento da cadeia de suprimento (Supply Chain Management), cuida do fluxo de material desde os fornecedores até os clientes e da administração e do sistema de informação que estão associados ao processo. As principais funções dos sistemas logísticos são:

- Planejamento da logística: trabalha para equilibrar o nível de serviço mais adequado ao cliente com o custo do mesmo. Altos níveis implicam em altos custos, que não são desejados.
- Embalagem: apesar de ser uma despesa adicional, ela diminui os custos totais se considerados que ela reduz as reclamações por danos durante o transporte, e os custos de transporte e estocagem, pois ela facilita o manuseio, estocagem e a venda do produto.
- Estoque: o custo de manutenção pode variar de 20% a 40% do seu valor ao ano, necessitando assim de um bom gerenciamento para não gerar gastos desnecessários. Os custos envolvidos são custo de obtenção, de manutenção e de falta de estoque. As funções principais dos estoques são melhorar o nível de serviço ao cliente e reduzir custos.
- Localização: as decisões de localização das instalações envolvem determinação do número, da localização e do tamanho das instalações a serem utilizadas, que podem variar entre plantas, portos,

fornecedores, armazéns, pontos de serviço e filiais de varejo. Existem diversos métodos, como otimização, simulação e a heurística, para a resolução dos problemas de localização, sendo que cada um desses métodos possui diversos modelos.

- Transporte: é realizado através de 5 modais: aeroviário, aquaviário, dutoviário, ferroviário e rodoviário. O sistema de transporte pode ser composto por mais de um modal agindo em conjunto para fornecer o melhor nível de serviço a um determinado custo. A escolha da melhor combinação de modais leva em consideração as características básicas, que são: tempo médio em trânsito, variabilidade do tempo em trânsito, custo, perdas e danos.

- Sistema de informação logístico: ele coleta, armazena e manipula os dados referentes às atividades do sistema logístico. Os principais sistemas de informação são: sistema varejista, gerenciamento de estoques pelo fornecedor, rastreamento e acompanhamento de embarques e sistema de apoio à decisão.

No Brasil, apesar dos conceitos de logística empresarial serem divulgados há quase uma década, ela é pouco aplicada. Entre as muitas definições sobre o que são as operações logísticas e quais as suas responsabilidades, uma merece destaque, a de Ballou (2001, p. 21) que diz “A missão da logística é dispor a mercadoria ou o serviço, no lugar certo, no tempo certo e nas condições desejadas, ao mesmo tempo em que fornece a maior contribuição à empresa”.

A logística empresarial pode ser dividida em 3 grandes sub-processos. A primeira é a logística de suprimento que faz a ligação entre as fontes de suprimento e a planta/empresa. A segunda é a logística industrial que cuida das operações logísticas dentro da empresa, isto é, interna ou de produção. A última é a logística de distribuição, que é responsável pela interface entre a planta/empresa e os clientes.

3. SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO

O sistema de transporte interno da Embraer é responsável pelo transporte de material (matéria prima, material em processo, peças acabadas, material inflamável, carretas, carrinhos, material composto, material de laboratório, aviônicos, entre outros) através de toda a planta da Embraer unidade Faria Lima. Ele é composto por: dois centros de distribuição (CD), sendo um localizado no prédio F-30 e o outro no prédio F-107, veículos de transporte (Kadiketos, Ruckers, Pick-up, empilhadeiras e Kombis), cerca de 352 pontos de transporte interno (dos quais 91 são via *kanban*) e aproximadamente 27 funcionários, além de outros recursos e equipamentos. Há três tipos de serviço de transporte: atende pedido, táxi e rota circular programada.

- Serviço atende pedido: o sistema de transporte é acionado apenas quando recebe um pedido de transporte de material. Depois do acionamento, o processo consiste no veículo sair do CD, se dirigir para o ponto requisitante, carregar o material, transportar até o ponto de destino, descarregar o material e retornar ao CD. O material transportado geralmente é grande e pesado. O veículo utilizado varia dependendo das necessidades dos materiais.

- O serviço de táxi possui um funcionamento semelhante ao do atende pedidos, mas o material transportado não se destina apenas para a linha de produção e o seu tamanho e peso geralmente são pequenos.

- O sistema de rota circular programada realiza um número de viagens que varia de rota para rota e é determinado pela frequência de passagem, que varia de 8 a 18 por dia. O processo consiste no operador seguir uma rota estabelecida, passando pelos pontos de transporte interno que a compõem, recolher o material que pertencem a sua rota e deixar o material nos pontos de destino. A troca de materiais entre as linhas ocorre nos CD's.

O sistema de transporte interno da Embraer possui 13 linhas, sendo que 2 são de serviços atende pedido, 1 de serviço de táxi e o restante são de serviço de rota circular programada.

4. SIMULAÇÃO E ARENA

Freitas Filho (2001, p. 1) diz: “A simulação computacional de sistemas, ou simplesmente simulação, consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real”. Os principais objetivos da simulação são: descrever o comportamento de sistemas, obter e comprovar teorias e hipóteses a respeito do sistema observado e prever o comportamento do sistema se forem realizadas alterações no próprio sistema ou nas suas operações. Para tal, é necessário utilizar um modelo que representa o sistema físico real e, em geral, é uma simplificação deste último, sendo que o grau de fidelidade do resultado varia conforme a simplificação da realidade.

As principais vantagens da simulação são: permite tanto estudar sistemas reais como sistemas que ainda não existem, possibilita observar como o sistema responde quando é realizada uma série de alterações, durante os estudos não há interferência no sistema real, há economia de tempo e de recursos financeiros, permite estudar sistemas na qual a experimentação do sistema real é inapropriada, permite a visualização dos sistemas e utilização de animações e o comportamento do modelo simulado é muito parecido com o do sistema real.

O programa Arena é um software de simulação de processos por computador. Ele pode ser utilizado para construir o modelo, executar a simulação, visualizar a animação da simulação e observar os resultados da simulação. Os modelos são construídos utilizando fluxogramas, cuja vantagem consiste dele ser amplamente utilizado para descrever os mais variados sistemas para diversas aplicações, pois eles descrevem com facilidade os sistemas e sua leitura é feita de forma fácil e rápida. Ele mostra de forma clara e objetiva a sequência de ações a serem realizadas e as condições a serem cumpridas. Dessa forma, o fluxograma é um dos meios mais fáceis de se descrever o funcionamento do sistema a ser simulado.

O ambiente do Arena segue os padrões do MS Office®, tornando a navegabilidade dentro do programa extremamente fácil e intuitivo para usuários dos programas para Windows®, com diversos comandos e botões executando ações semelhantes.

5. ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA

Observando o funcionamento das rotas circulares utilizadas na Embraer, notou-se que cada rota possuía grande semelhança com o sistema de coleta Milk Run. Segundo Moura (2000), Milk Run é um sistema de coleta programada de peças. Um veículo executando a operação de transporte de peças ou componentes coletando-as em alguns fornecedores com horário programado para as coletas e entrega das peças na planta da montadora, também em horário programado. Um operador logístico ou transportador envia um veículo em uma rota pré-selecionada parando em cada fornecedor para coletar o material e faz a entrega de todo o carregamento na fábrica do cliente. O sistema de coleta Milk Run é mais apropriado quando o volume de material transportado é baixo e os fornecedores estão localizados próximos ao cliente. Já o sistema de coleta do tipo Montagem é o mais adequado quando o volume de suprimentos é baixo e os fornecedores estão distantes do cliente. Ainda segundo Moura (2000), o sistema tipo Montagem consiste nos fornecedores entregarem os materiais em depósitos de consolidação em volumes relativamente pequenos para serem transportados diretamente ao cliente.

Nos dois casos encontramos rotas definidas, horário programado para chegar nos pontos e os fornecedores podem ser comparados com os pontos de transporte. A diferença está no fato das rotas circulares não possuírem um único ponto de recebimento de material coletado, que no caso do Milk Run seria a planta montadora. Nas rotas da Embraer, a coleta e a entrega de material pode ocorrer em todos os pontos. Assim, o sistema de transporte interno da Embraer pode ser comparado com um sistema que utiliza várias rotas de Milk Run e dois Centros de Distribuição, com a diferença de que todos os pontos podem receber materiais.

Analisando a disposição dos pontos de transporte interno notou-se que seria possível obter melhorias se o sistema deixasse de ser baseada apenas em Milk Run e passasse a ser baseada em um novo conceito que mescla o sistema Milk Run e o sistema Montagem. Mas, diferentemente do que foi definido por Moura (2000), o sistema de Montagem não irá realizar a montagem de subconjuntos. Ele contribuirá apenas com a idéia de consolidação de carga para transporte e, dessa forma, passaremos a nos referir a ele como Consolidação.

Essa alteração está sendo sugerida devido ao fato da planta Faria Lima da Embraer possuir um trecho de aproximadamente 1050 metros localizado entre os dois CD dos prédios F-30 e do F-107 onde, das 13 rotas circulares do sistema de transporte, 9 rotas trafegam por ele, sendo que 3 não possuem pontos de carga ou descarga nessa parte do trajeto e outros 3 podem ser reestruturados de forma a transferir os pontos pertencentes a estas rotas para as outras. Em cada viagem, os veículos devem passar duas vezes pelo trecho.

A proposta de melhoria consiste em delimitar duas regiões na planta da Embraer de forma que a região 1 seria localizada em torno do CD do F-30 e a região 2, em torno do CD do F-107. Em cada região seria implantado um sistema semelhante ao Milk Run e os materiais cujo destino estiver localizado na outra região seriam descarregados nos CD's para serem "consolidados" e transportados para o outro CD e em seguida, transportado até o destino. Esse "novo conceito" mescla o sistema de Milk Run e o de Consolidação pois as rotas apresentam características do Milk Run (circular por rotas preestabelecidas, com horários definidos e passando por todos os pontos da rota) e características do sistema Consolidação (os materiais são agrupados em um centro de consolidação antes de serem transportados por distâncias significativas e baixo volume de material transportado). Para tanto, as rotas seriam reestruturadas de forma que elas ficariam limitadas a circular apenas dentro de suas respectivas regiões, realizando a coleta e a entrega em torno dos CD's. A troca de material entre as regiões ocorreria nos CD's e estes deixariam de realizar apenas a distribuição e passariam a realizar também a função de centros de consolidação. O transporte seria realizado por uma única rota que coletaria e entregaria materiais apenas nos dois CD's, sem passar por nenhum ponto de transporte interno. Logo, seriam pelo menos 5 rotas que deixariam de trafegar pelo local. A princípio, nem todas as rotas circulares programadas seriam estruturadas. Uma característica peculiar dessa rota é que ela seria uma rota "expressa", isto é, ela seria uma rota com capacidade para carregar um volume maior de materiais e com tempo de ciclo menor que das outras. A Figura (1) mostra uma visão geral do sistema de transporte atual e do sistema de transporte proposto.

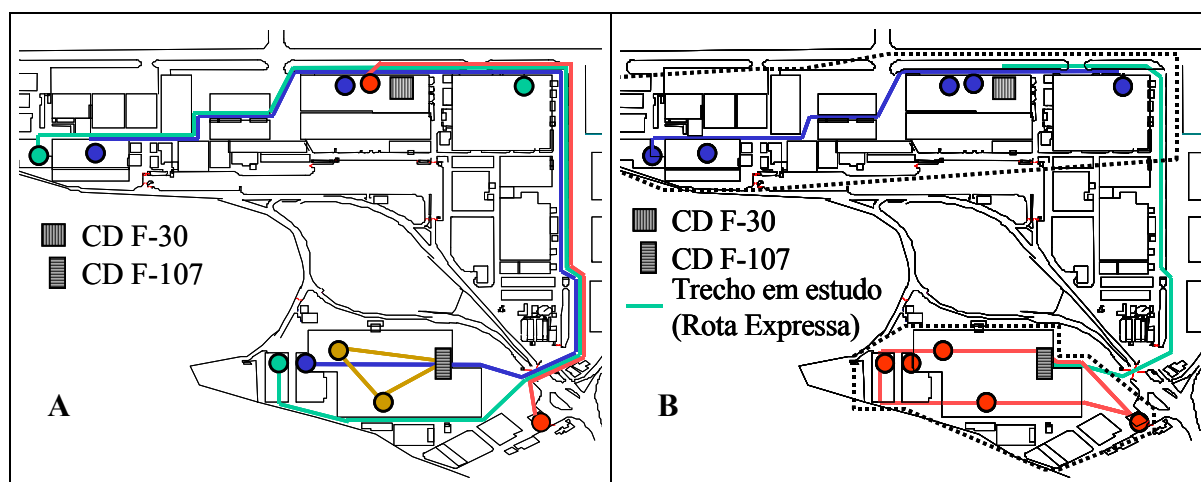


Figura 1. Sistema de transporte atual (A) e do sistema de transporte proposto (B)

Utilizou-se a ferramenta de simulação Arena para fornecer os valores dos indicadores de desempenho do novo modelo. Devido ao fato do Arena utilizado ser versão de estudante, não foi possível estudar integralmente o novo sistema de transporte interno (250 pontos de transporte interno) e comparar com o valor dos indicadores atuais. Como a quantidade máxima de pontos que poderiam ser utilizados era 10, além de dois Centros de Distribuição, decidiu-se que ao invés de realizar um estudo do sistema, seria realizado um estudo do novo conceito que poderia ser aplicado no sistema. Para tal, criou-se dois modelos simuláveis sendo o primeiro para simular o conceito vigente e o segundo para simular o novo conceito. A comparação da eficiência seria através da mensuração dos indicadores de desempenho: tempo de trânsito dos materiais e distância percorrida. O modelo dos dois sistemas pode ser visualizado nas figuras abaixo, juntamente com o trecho discutido.

Através da distância percorrida é possível estimar se houve aumento ou redução dos custos variáveis (quantidade de combustível consumido e gasto com manutenção, entre outros). Pela construção do novo modelo é possível calcular a variação dos custos através da variação na quantidade de equipamento necessário e na quantidade de mão de obra necessária. Mas, devido à dificuldade na determinação dos custos, utilizou-se a variação dos indicadores para determinar os ganhos ou perdas de eficiência.

Um detalhe importante de ser mencionado é o fato de não ter sido levado em conta o volume e o peso dos materiais, não sendo possível verificar se o veículo possuía capacidade de carga do veículo. Isso ocorreu devido a limitação do Arena versão de estudante.

Para observar o impacto das modificações na qualidade do serviço, utilizou-se os dados coletados, ferramentas de simulação e de análise estatísticas (softwares Arena, Arena Input Analyzer e Minitab), planilha de cálculo (software Excel) e programação em Visual Basic, para Excel, além dos resultados da simulação.

A simulação foi realizada considerando que o veículo iniciava um ciclo logo após terminar o anterior, circulando na frequência máxima para cada rota.

6. RESULTADOS

Na Tabela (1) tem-se os valores de algumas variáveis nos dois modelos e as suas diferenças. Convém observar que eles resultam do modo como os modelos foram construídos.

Tabela 1. Diferença diária entre o Modelo Atual e o Modelo Proposto

Item	Modelo Atual	Modelo Proposto	Diferença (%)
Distância Percorrida (Km)	413,3	312,9	24,3
Mão de Obra (Horas)	68,9	52,2	24,3
Veículos	4	3	25,0
Operadores	4	3	25,0

O modelo atual possui 4 veículos e 4 operadores e o modelo proposto possui 3 veículos e 3 operadores. Dessa forma, obteve-se redução de 1 veículo e 1 operador nos custos fixos. Haveria também uma redução na quantidade de horas trabalhadas por operador, isto é, eles teriam mais tempo disponível para outras tarefas. Dessa forma, seria possível ratear o custo da mão de obra com essas outras tarefas, diminuindo assim o custo de transporte e, conseqüentemente, o custo fixo. O modelo proposto percorre uma distância significativamente menor que o modelo atual. Considerando que o gasto com combustível, com manutenção e com outros insumos (pneu e óleo) sejam proporcionais à distância percorrida, tem-se uma significativa redução nos custos variáveis. Não é possível mensurar essa redução de custo, pois além do levantamento desses valores ser muito complexo, ele seria muito impreciso.

Os resultados da simulação foram comparados e verificou-se que houve uma redução significativa dos indicadores, mostrando que o modelo proposto é menos disperso (maior

confiabilidade) e os materiais chegam no seu destino mais rapidamente que no modelo atual (qualidade superior). A Figura (2) mostra o resultado resumido da simulação.

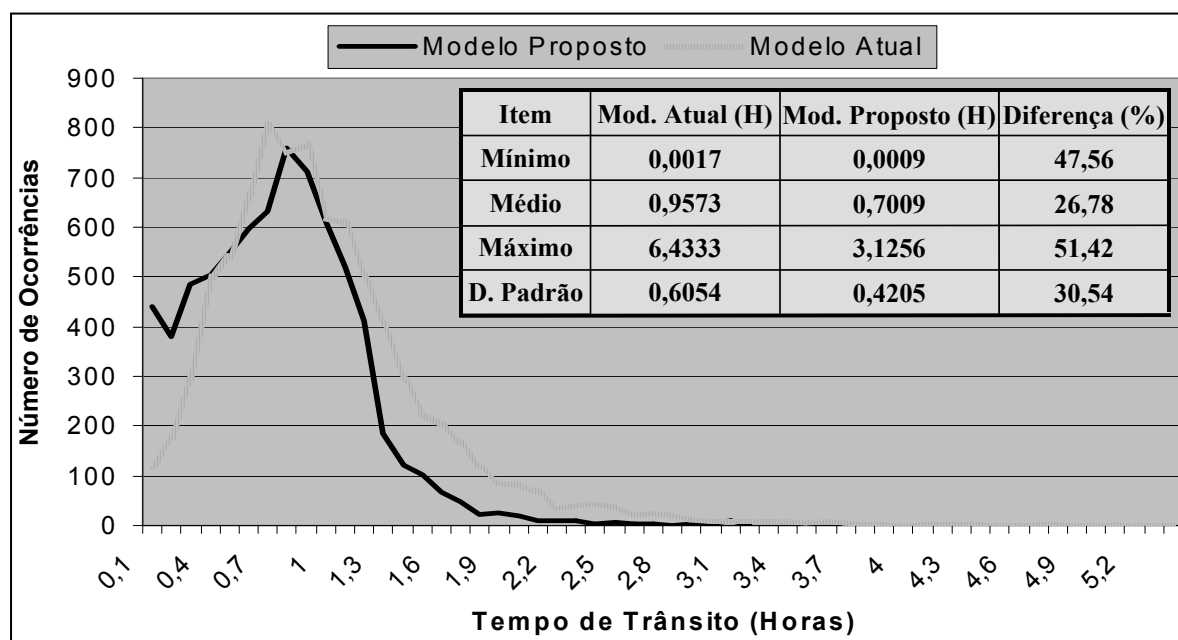


Figura 2. Resultado resumido da simulação

Entretanto, antes de utilizar os resultados da simulação, deve-se realizar a validação dos mesmos. Validar o resultado de uma simulação consiste em verificar se o resultado da simulação está condizente com a realidade, isto é, se o modelo da simulação representa com grande fidelidade o sistema real. Devido às limitações encontradas neste trabalho, optou-se por comparar a diferença entre a quantidade de material que seguia para cada ponto de destino. Assim, verifica-se se os modelos estão gerando os materiais de forma semelhante a representar a chegada das ordens de transporte de materiais nos pontos de transporte interno, no sistema real. Como resultado obtém-se que para os dois modelos, a diferença máxima foi de 8,29%. Também observa-se que em 90% dos casos a diferença é menor que 1% e poucas ocorrências tiveram diferença entre 1 e 3%. Só 2% das ocorrências foram maiores que 3%. Devido a isso, chega-se a conclusão de que o modelo representa razoavelmente bem o sistema real, dentro de suas limitações.

7. CONCLUSÃO

O resultado dos cálculos mostrou que o novo conceito é mais econômico que o conceito atualmente em vigor pois apresentou redução do número de veículos e de operadores necessários (custos fixos) e redução da distância percorrida, o que resulta em redução nos custos variáveis do processo. Logo, há redução nos custos fixos e variáveis. Apesar disso, o nível do serviço ao cliente não foi comprometido pela reestruturação do sistema. Analisando os resultados da simulação observa-se houve redução tanto do tempo médio de trânsito dos materiais, como dos tempos mínimos e máximos de trânsito. Também observamos redução da variância, demonstrando que o novo conceito é mais confiável.

A conclusão deste trabalho é que o novo conceito, que utiliza um sistema de coleta híbrido de Milk-Run e Consolidação, é realmente mais eficiente, tanto do ponto de vista dos custos quanto da qualidade logística. Em, função do tamanho reduzido do universo analisado, o próximo passo seria a realização de novos estudos com uma quantidade maior de rotas e pontos.

REFERÊNCIAS

- Ching, H. Y., 2001, “Gestão de Estoque na Cadeia de Logística Integrada – Supply Chain”, Ed. Atlas, São Paulo.
- Ballou, R. H., 2001, “Gerenciamento da Cadeia de Suprimento – Planejamento, Organização e Logística Empresarial”, Ed. Bookman, Cleveland.
- Freitas Filho, P. J., 2001 “Introdução a Modelagem e a Simulação de Sistemas Discretos”, Apostila, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e Estatística.
- Loureiro, F. M.; Franzese, L. A. G., 1998, “Simulation Applied in Bank Office and Back-Office Process Reengineering”, ArenaSphere98.
- Moraes, L. H.; Franzese, L. A. G., 1998, “Taubaté Plant Engine Assembly Line ad Integrated Cells”, ArenaSphere98.
- Scarpe, A. A.; Mariante, W.; Franzese, L. A. G., 1998, “CST Steel Shop Operation Model”, ArenaSphere98.
- Hay, E. J., 1992, “Just in Time: Um Exame dos Novos Conceitos de Produção”, Maltese, São Paulo.
- Moura, D. A., 2000, “Caracterização e Análise de um Sistema de Coleta Programada de Peças, Milk Run, na Indústria Automobilística Nacional”, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, Dissertação de Mestrado.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso neste trabalho.

Study of the Embraer's logistic system

Abstract. *This article is a study about the internal transport system of Embraer's production. Its objective is to propose modifications which lead to costs reduction and quality improvement of the logistic services. The current system is based on the collect system milk-run. A new system of transport was considered which uses as many concepts of milk-run as of load consolidation. In order to verify the efficiency of the new system the Arena simulation tool was used to generate the necessary indicators for the comparison. Even with a Arena simplified version it was possible to verify that the considered system presents significant improvements of performance in relation to the current system of internal transport of the Company.*

Keywords. *Logistic, simulation, Embraer.*