Economizando Recursos Produtivos Através de Estudos com Modelos de Simulação

M. S Nogueira Neto [a], R. C. Barros [b], J. B. Sacomano [c], J. L. A. Lima [c]

a. *Universidade Paulista, São Paulo, mnogueira@fei.edu.br*

b. *Centro Universitário da FEI, S. B. Campo, rcastrobarros@uol.com.br*

c. *Universidade Paulista, São Paulo, sacomano@unip.br*

d. *Universidade Paulista, São Paulo, proflima10@gmail.com*

Resumo

A necessidade de distribuir as mercadorias produzidas em diversas posições geográficas confere à estratégia logística uma relação de destaque para que os custos envolvidos venham a ser minimizados. O estudo a ser apresentado ressalta à importância do conhecimento da simulação, utilizando-a como ferramenta de apoio à decisão na logística de transportes, focando o dimensionamento de uma frota de caminhões. Será vinculado o conceito de simulação com o planejamento logístico, de modo a contribuir com o melhor dimensionamento dos recursos. A pesquisa se desenvolve em uma transportadora rodoviária de cargas. Através de simulação serão confrontados resultados obtidos em cenários, atual e proposto. O aumento da produtividade na utilização de modos de transporte reflete positivamente na preservação ambiental reduzindo o consumo de energia e matérias-primas utilizadas na produção destes equipamentos e de combustíveis para movimentá-los.

Palavras-Chave: Simulação; Logística de Transportes; Economia de Recursos; Impacto Ambiental

1. Introdução

O crescimento econômico que vem sendo obtido pelo Brasil nos primeiros anos do século XXI traz um alento para o desenvolvimento social da nação. Sempre bem vindo, o crescimento deve se desenvolver de forma sustentável e ecologicamente correta. A utilização de recursos de maneira desordenada aumenta desnecessariamente o ataque ao meio ambiente diretamente, através da emissão de poluentes, ou indiretamente através do consumo de matérias-primas e energia para a produção de máquinas e equipamentos.

Logo, a utilização de uma ferramenta de simulação se justifica, para que as empresas possam, por meio dela, obter um melhor aproveitamento de seus sistemas produtivos. "Muitas empresas possuem recursos disponíveis, os quais, quando corretamente empregados, podem trazer significativa melhoria tanto em produtividade quanto em qualidade" (HARREL, 2002, p.7).

Estará sendo ressaltada, neste trabalho, a importância de se utilizar de maneira mais produtiva os recursos utilizados por uma transportadora rodoviária de cargas. Para tanto foram levantadas as viagens que tal empresa realizava em relação a quantidade de caminhões comprometidos para a realização dos trabalhos. Em

seguida foi desenvolvido um modelo de simulação, através do simulador Promodel® versão 7.0, e comparados os resultados. Pode ser observada, utilizando-se o modelo proposto, que a quantidade de veículos necessários para atender a demanda era inferior a quantidade de veículos que a empresa disponibilizava para a mesma finalidade. Estando a frota superdimensionada encontraremos, forçosamente, equipamentos mal aproveitados e desperdiçando recursos, acarretando, entre outras conseqüências negativas, a sobrecarga ambiental.

2. Logística

De acordo com o dicionário Aurélio, Ferreira (2002), a origem da palavra vem do francês "logistique" e tem como uma de suas definições ser a parte da arte da guerra que trata do planejamento e da realização de: projeto e desenvolvimento, obtenção, armazenamento, transporte, distribuição, reparação, manutenção e evacuação de material para fins operativos ou administrativos.
Os consumidores são os principais alvos da empresa moderna e cada consumidor possui uma necessidade a ser atendida, podendo ser na forma de produto ou serviço, ou seja, os consumidores são aqueles que compram um produto ou serviço a fim de atender suas necessidades.
Entretanto, atender essas necessidades nem sempre é uma tarefa simples para a empresa, por que apesar de possuir o produto ou serviço de desejo do consumidor a dispersão geográfica desses pode vir a criar um hiato entre a produção (empresa) e a demanda (consumidor).
A logística vem com o objetivo de atender aos consumidores independentemente da sua dispersão geográfica desses, a fim de satisfazer as suas necessidades, ou seja, "colocar o produto certo, na hora certa, no local certo e ao menor custo possível" (BALLOU, 1995, p. 17).
Bowersox, Closs e Cooper (2007), posicionam que a logística de forma integrada deve vincular e sincronizar a cadeia de suprimentos como um processo contínuo e torna-se fundamental para a conectividade e melhor interação efetiva da cadeia de suprimentos.

2.1 Estratégia logística

Toda a correta compreensão de logística e da integração que ela pode proporcionar por meio de uma eficaz gestão é importante para que as estratégias logísticas sejam compreendidas.
Ballou (2001) compara que a seleção de uma estratégia logística é equivalente, em muitos processo criativos, ao desenvolvimento de uma boa estratégia competitiva. O autor também revela que uma estratégia logística possui basicamente três objetivos: a) redução dos custos, b) redução do capital e c) melhorias no serviço. De tal forma que a primeira, redução dos custos seja a estratégia voltada para minimizar os custos variáveis relacionados à movimentação e estocagem pela manutenção dos níveis de serviços e avaliação de alternativas para gerar um menor custo, logo a maximização do lucro como primeira meta. A segunda, redução do capital é direcionada para a minimização do nível de investimento no sistema logístico, tentando maximizar o retorno sobre o investimento. Para isso é aborda-se uma relação direta com os integrantes da cadeia a fim de evitar despesas de armazenagem, escolher armazéns públicos ou privados, propor uma abordagem de suprimentos just-in-time (contrária à manutenção de estoques), terceirização de serviços logísticos, etc. A terceira, melhoria de serviços, é voltada a reconhecer que as receitas dependem do nível de serviço logístico fornecido. Embora o aumento dos custos aumente com o aumento dos níveis de serviços, logísticos aos clientes, a estratégia de serviços deve ser formulada em contraste com as propostas pela concorrência.

2.2 O transporte

Como mencionado anteriormente, o hiato existente entre produção e consumo é um dos pressupostos para a existência das atividades logísticas como forma de integração da cadeia de suprimentos. Para tornar-se possível que os produtos sejam entregues independente da localização geográfica do consumidor a principal operação que permite essa entrega, dentro do sistema logístico, é o transporte. Chopra e Meindl (2003) definem transporte como o movimento de um produto de um local a outro, percorrendo a cadeia de suprimentos do seu início até a entrega ao cliente, apesar de ser uma atividade que não agrega valor ao produto é fundamental para a logística.

Bowersox, Closs e Cooper (2007) comentam que o valor dos transportes tornou-se maior do que apenas movimentar produtos de um local ao outro, pois quando eficaz, a entrega correta dos produtos vem a reduzir os estoques, os armazenamentos e o manuseio de materiais, pois dessa forma é possível uma maior previsibilidade dos tempos e das necessidades com maior confiabilidade e certeza.

Ballou (1995) analisa que a não existência de um bom sistema de transporte limita a extensão do mercado às cercanias do local de produção, em contrapartida, se eficaz, os custos dos produtos postos em mercados mais longínquos podem ser competitivos com os custos praticados pelos produtores que vendem os mesmos produtos nos nesses mercados.

Um outro fator importante de um transporte com menores custos, e vem agregado com a expansão do mercado, é a economia de escala que deverá ser praticada pela empresa. Com a expansão dos mercados consumidores por meio de um transporte com baixos custos, o que por sua vez torna os produtos competitivos em mercados distantes, faz com que a empresa venha a atender uma maior demanda e para que isto ocorra será necessária uma maior produção dos bens e serviços consumidos. Essa amplitude de mercado e produção desvincula os sítios de produção e consumo, o que gera escolha para uma nova localização geográfica industrial.

3. Simulação

Prado (1999) relata que o conceito atual mais aceito para simulação diz que a simulação é uma técnica de solução de um problema através da análise de um modelo, que descreve o comportamento do sistema. Portanto, pode-se dizer que "simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno" (HARRELL, 2002, p. 2)

São várias as vantagens apresentadas por diversos autores quanto aos benefícios que o uso da técnica de simulação pode trazer.

Harrel (2002) sugere que a simulação seja aplicada tanto nas questões de manufatura como na área de serviços, por exemplo: Manufatura (redução do tempo em processos, avaliação de investimentos e equipamentos na manufatura); Fábrica (movimentação de materiais); Plantas industriais (dimensionamento de layout da planta e planejamento de capacidade); Bancos (dimensionamento do quadro de funcionários); Hospitais (agendamento de pacientes, fluxo de pacientes entre departamentos); Logística (armazenagem, distribuição, processamento de pedidos, manutenção, etc.).

Assim como toda construção, a simulação requer um planejamento adequado para que seus resultados representem corretamente o comportamento do sistema real por meio da simulação do modelo projetado. Embora cada estudo de simulação seja um projeto singular, a maioria vai requerer o cumprimento de cada passos lógicos conforme demonstra Harrel (2002): Definição do Problema e Estabelecimento dos Objetivos; Formulação e Planejamento do Modelo; Coleta de Dados;

Desenvolvimento do Modelo; Verificação; Validação; Experimentação; Análise dos Resultados; Implementação.

4. Pesquisa Realizada

Buscando viabilizar o estudo, foi escolhida a aplicação dessa ferramenta em uma transportadora, que não utilizasse a simulação para dimensionar sua frota, com o propósito de demonstrar as diferenças proporcionadas para o apoio à tomada de decisão quanto ao dimensionamento de uma frota de veículos.

4.1 Descrição geral da empresa estudada

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de transportes, que será chamada de "Transportadora". Fundada em 1981 e com sede localizada na cidade de Santos (SP). Ela atua no setor de transportes de carga e distribuição operando em todo território nacional. Transporta carga unitizada por container, carga não unitizada (carga solta) e carga à granel.
Sua frota é composta por: cavalos mecânicos simples, cavalos mecânicos trucados, carretas, bugs porta contêineres (20' e 40'), caminhões trucados, caminhões leves (MB – 710 e MB – 914), veículo urbano de carga (VUC) e vans.
As cargas movimentadas entre terminal e cliente são os contêineres de 20' e 40', sendo que a maior parte dessas movimentações é de contêineres de 40'.

4.2 Determinação dos parâmetros e objetivo do estudo

Com o propósito de atender aos requisitos do estudo proposto, será desenvolvido um modelo de simulação com objetivo verificar o dimensionamento da frota. Para tanto, esse projeto buscará analisar a produtividade das operações de transportes, quanto ao dimensionamento dos seus recursos, ou seja, da quantidade de veículos utilizados pra atender os clientes durante um período de tempo. O parâmetro de decisão adotado será a demanda necessária para atender os clientes no tempo certo (no período de um mês).

4.3 Modelo do "Cenário atual"

Diante do conhecimento do cenário em que a empresa está inserida, será possível realizar um modelo de simulação com o propósito de analisar a situação atual em que a empresa se encontra. Tal modelo buscará retratar, inicialmente, a situação atual da empresa e como são realizadas suas operações.

4.4 Coleta de dados e desenvolvimento do modelo

Para viabilizar a realização do estudo foram efetuadas visitas de caráter técnico e informativo, e os dados foram coletados por meio de um questionário e entrevista com o gerente administrativo da empresa.
A movimentação de contêineres, realizada pela Transportadora, representa em média 75% das movimentações totais da empresa por mês, conforme TABELA 1.

TABELA 1 - Movimentação de contêineres mensal

MÊS	PARTICIPAÇÃO (%)
JANEIRO	76
FEVEREIRO	74
MARÇO	74
ABRIL	77
MÉDIA	75

Fonte: Transportadora (2008)

Apesar de haver vários terminais portuários na região portuária do Litoral Paulista, conforme as informações obtidas com o gerente da Transportadora, o terminal de onde recebem a maior quantidade de movimentação é o terminal de contêineres da Santos-Brasil S/A, portanto, a localização do terminal, na simulação, será na cidade de Guarujá - SP. Devido à existência de outros clientes, localizados aproximadamente na mesma distância, porém com demandas pouco significativas individualmente, esses clientes foram agrupados em um só denominado "Outros Clientes", pois quando agrupados essa demanda possui valores significativos no projeto da simulação. As distâncias aproximadas, em quilômetros, dos clientes e terminal em relação a transportadora estão demonstradas na TABELA 2.

TABELA 2 - Distancia dos clientes

CLIENTES	DISTANCIAS
Origem: Transportadora	(Km)
TERMINAL (GUARUJÁ)	30
SÃO BERNARDO	100
SÃO PAULO	100
GRANDE SP	125
SANT. PARNAÍBA	150
FRANCA	500
SANTOS	30
OUTROS CLIENTES	600

Fonte: Transportadora (2008)

Para obter a demanda de cada cliente foram utilizadas como base as demandas dos quatro primeiros meses do ano de 2008 (janeiro, fevereiro, março e abril), logo, a demanda utilizada na simulação foi a demanda média desses meses, de acordo com a TABELA 3.

TABELA 3 - Demandas janeiro, fevereiro, março e abril de 2008

CLIENTES	DEMANDA (entregas/mês)				MÉDIA
	JAN	FEV	MAR	ABR	
SÃO BERNARDO	95	80	84	77	84
SÃO PAULO	38	73	25	57	48
GRANDE SP	32	21	22	13	22
SANT. PARNAÍBA	99	77	98	93	92
FRANCA	5	6	6	2	5
SANTOS	9	5	7	8	7
OUTROS CLIENTES	2	2	1	4	2

Fonte: Transportadora (2008)

Nos respectivos meses, para atender as demandas demonstradas, foram utilizados veículos do tipo carretas, tanto próprios quanto terceirizados. O número de veículos considerado para a realização do modelo será dezoito (18), que é o número médio dentre os quatro primeiros meses do ano de 2008, conforme TABELA 4.

TABELA 4 - Quantidade de veículos

VEÍCULOS	MÊS				
	JAN	FEV	MAR	ABR	MÉDIA
PRÓPRIOS	12	12	13	14	13
TERCEIRIZADOS	5	5	5	5	5
TOTAL					18

Fonte: Transportadora (2008)

Como a empresa realiza suas operações de segunda-feira a sexta-feira, das 7 horas às 19 horas (12 horas por dia), aos sábados das 7 horas às 12 horas (5 horas por sábado) e aos domingos permanece fechada, será considerado que um mês de operação equivale a 284 horas efetivas de trabalho. Conforme informado pelo gerente administrativo da empresa, o lead-time de importação e de exportação são os mesmos, portanto, não haverá distinção no estudo desses dois processos quanto aos tempos para efeito da aplicação da simulação. Conforme informado pela empresa as velocidades médias dos veículos, quando com carga (cheio) e sem carga (vazio), serão de: sem carga: 80 Km/h e com carga: 60 Km/h. As velocidades serão as mesmas para os contêineres de 20' e 40'. A empresa disponibiliza aos seus motoristas, em cada entrega, um tempo de paradas de seis (6) horas nas entregas em São Bernardo do Campo, São Paulo, Grande São Paulo e Santos, já nas entregas em Santana de Parnaíba, Franca e Outros Clientes, por serem transportes para Portos Secos, fica disponível o tempo aproximado de doze (12) horas. Esse tempo fica disponível para a carga e descarga do container, bem como tempos perdidos na movimentação e outras paradas. Como as capacidades dos locais não interferem no resultado da simulação quanto ao dimensionamento da frota, esse dado foi inserido de tal forma que não afete o desempenho do modelo. Portanto, considerando as informações dispostas é possível criar o modelo de simulação do sistema real no simulador. O layout do "Cenário atual" do modelo utilizado está demonstrado de acordo com a Fig. 1.

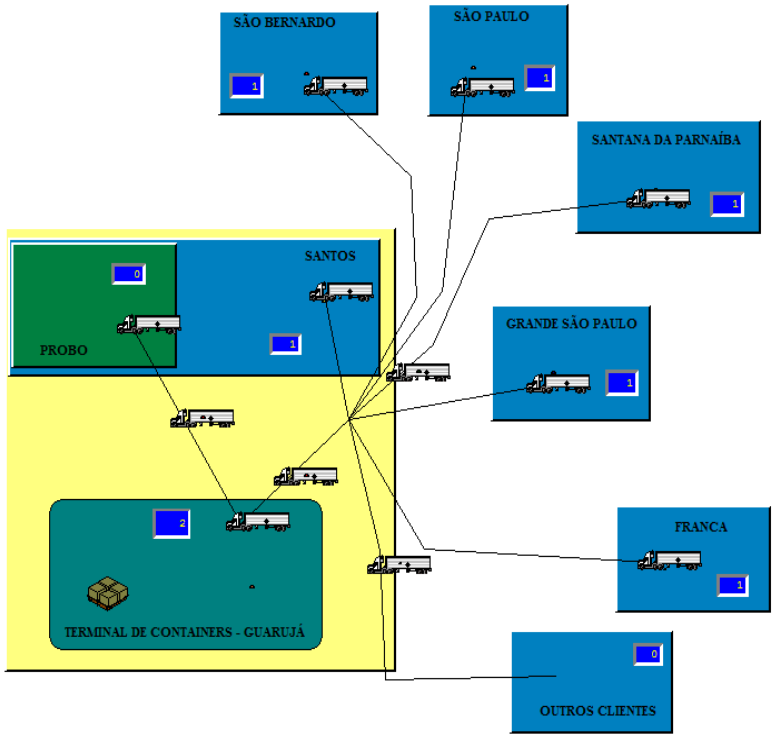

Fig. 1 – Modelo desenvolvido e analisado

O layout do modelo do "Cenário atual" não considera as distâncias entre os clientes, apenas a distâncias entre esses e o local de origem (Transportadora), portanto esse layout, da forma que está disposto na FIGURA - 1 serve apenas para efeito ilustrativo da aplicação da simulação.

5 Resultados Obtidos

5.1 Cenário atual

Foi utilizado o software de simulação comercial Promodel® versão 7.0 para criar o modelo e gerar os dados da simulação do "Cenário Atual". Os resultados obtidos com a simulação demonstram que a empresa atende todas as demandas (TABELA 5) com a utilização de apenas 15 caminhões dos 18 caminhões considerados, de acordo com a TABELA 6.

TABELA 5 – Número de viagens (demandas) utilizadas no "Cenário atual"

REGIÃO	QTD. DE VIAGENS	REGIÃO	QTD. DE VIAGENS
SBC	84	Franca	5
SP	48	Outros	3
Sant. Parnaíba	92	Santos	8
Grande SP	22	TOTAL	262 Entregas

TABELA 6 - Ociosidade das carretas

Carreta	% Ociosidade	Carreta	% Ociosidade
1	0,70	10	2,63
2	0,86	11	12,64
3	2,71	12	18,23
4	1,97	13	22,58
5	0,59	14	50,37
6	1,27	15	65,29
7	0,47	16	100,00
8	2,59	17	100,00
9	2,88	18	100,00

Objetivando quantificar o "Cenário atual" pode-se apresentar um dos índices de produtividade como a relação entre o número total de entregas (262) e o número total de carretas utilizadas nessas entregas (18). O cálculo está representado nas equações (1) e (2) abaixo:

$$produtividade = \frac{262}{18} \quad (1)$$

$$produtividade = 14{,}55 \text{ entregas/carreta} \quad (2)$$

Será considerada, para futuros efeitos de comparação, que a produtividade do "Modelo atual" foi de 14,55 entregas/carreta.

5.2 Situação Proposta

Dos resultados obtidos pela simulação do "Cenário atual", foi possível identificar oportunidades no dimensionamento da frota, portanto, nessa etapa será realizado um novo modelo de simulação, conforme apresentado em um cenário distinto do anterior, o "Cenário proposto".

Constatados os resultados de ociosidade apresentados no "Cenário atual" será criado o novo cenário, com o objetivo de buscar um melhor dimensionamento desses recursos. Para criar o novo modelo, o número de carretas disponíveis será reduzido de dezoito (18) para quatorze (14) carretas, a fim de diminuir a ociosidade apresentada nos resultados da simulação do "Cenário atual". Não haverá mudança de layout do cenário por se tratar do mesmo sistema em estudo.
Após a simulação do modelo do "Cenário proposto", foi possível perceber que o nível de serviço proposto pela empresa, determinado pela demanda no período, foi atendido como antes (Tabela 7) e houve uma redução significativa dos índices de

ociosidade dos recursos no sistema, como mostra a Tabela 8 e gráfico da FIGURA - 2, de tal forma que a ociosidade apresentada não é significativa, ao contrário, é necessária, pois permite evitar problemas no sistema quanto a variações esporádicas nos tempos, demandas ou prioridades.

TABELA 7 - Demandas da simulação do "Cenário proposto"

General Report - Cenário Proposto	
Name	Total Exits
PEDIDO SBC	84,00
PEDIDO SP	48,00
PEDIDO SANT. PARNAIBA	92,00
PEDIDO GDE SP	22,00
PEDIDO FRANCA	5,00
PEDIDO OUTROS	3,00
PEDIDO SANTOS	8,00
TOTAL DE ENTREGAS	262,00

Fonte: Simulação (2008)

TABELA 8 - Ociosidade das carretas na da simulação do "Cenário proposto"

Resource States - Cenário Proposto	
Name	% Idle
CARRETA.1	0,70
CARRETA.2	1,06
CARRETA.3	1,07
CARRETA.4	1,74
CARRETA.5	1,91
CARRETA.6	1,46
CARRETA.7	0,92
CARRETA.8	3,34
CARRETA.9	8,32
CARRETA.10	5,33
CARRETA.11	9,19
CARRETA.12	6,74
CARRETA.13	17,74
CARRETA.14	29,45

Fonte: Simulação (2008)

De acordo com os resultados obtidos da simulação do "Cenário proposto" é possível calcular a produtividade do novo modelo e verificar que a nova produtividade é de 18,71 entregas/mês, conforme equações (3) e (4):

$$produtividade = \frac{262}{14} \quad (3)$$

$$produtividade = 18{,}71 \text{ entregas/carreta} \quad (4)$$

Esse melhor dimensionamento possibilitou o aumento da produtividade (Δp) em 28,6%, conforme demonstrado nas equações (5) e (6) abaixo:

$$\Delta p = \frac{18{,}71 - 14{,}55}{14{,}55} * 100 \quad (5)$$

$$\Delta p \cong 28{,}6\% \quad (6)$$

6. Considerações Finais

Apesar de serem valores facilmente mensuráveis, não somente a melhoria da produtividade está diretamente relacionada com a diminuição dos custos da empresa, pois alcançada a redução do número de carretas necessárias ocorre a diminuição dos custos fixos possibilitando um melhor direcionamento desses recursos. O fato é que economia de recursos, caminhões no caso estudado, reduz, também, a pressão sobre os efeitos negativos ao meio ambiente.

Diante dos resultados obtidos na simulação do modelo do "Cenário Atual" é possível propor algumas sugestões para que sejam formulados outros cenários, a fim de aumentar, ainda mais a produtividade de suas operações reduzindo gastos desnecessários.

Primeiramente a investigação dos motivos pelos quais se utiliza um número de carretas diferente do resultado da simulação, de forma que fosse possível realizar essa redução. Dado que a simulação do "Cenário Proposto" evidenciou a mesma quantidade de atendimento com um menor número de veículos proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos, o que foi constatado pelo aumento da produtividade em 28,6% em relação ao "Cenário atual".

È recomendável, também, um esforço, através de uma investigação mais detalhada, para a redução dos tempos de paradas disponíveis de seis (6) horas nas entregas em São Bernardo do Campo, São Paulo, Grande São Paulo e Santos e de doze (12) horas nas entregas em Santana de Parnaíba, Franca e Outros Clientes. A redução desses tempos permitiria uma maior disponibilidade de recursos para realizar outras entregas o que, por sua vez, reduziria ainda mais o número necessário de carretas para atender os clientes com o mesmo nível de serviço.

Considerando que os terminais possuem significativos atrasos faz-se necessário o uso de agendamentos programados para a retirada e entrega do container no terminal, a fim de reduzir o tempo de espera, o tempo de entrega para o cliente e diminuir o tempo perdido no sistema, resultando em economia de recursos e combustíveis. Reduzindo os tempos disponíveis de parada por meio conhecimento dos tempos efetivos de carga e descarga, relacionando-os com uma distribuição estatística padrão para a redução da sua variabilidade e realizando um agendamento e com os terminais para a retirada e entrega dos contêineres seria possível a redução do lead-time e maior previsão dos recursos disponíveis.

Ao ajustar esses parâmetros permitiria com que a empresa viesse a criar parcerias com os clientes a fim de atendê-los em um sistema Just-in-time, pois, conhecidos todos os tempo e seus desvios permite uma maior certeza quanto aos horários de entrega e disponibilidade de veículos para realizar essas entregas.

Esses fatores incidem no provável aumento da produtividade das operações, uma vez que necessitará de um número menor de veículos para atender as mesmas demandas, de tal forma que pudesse utilizar apenas os seus próprios veículos e não necessitar de terceiros. Consequentemente, seria possível uma vantagem competitiva perante os concorrentes pois estaria buscando "enxugar" cada vez mais o sistema e obter uma maior margem de lucro com essa redução, ou até mesmo, alocar os veículos excedentes para novos clientes ou novos serviços.

È importante ressaltar que seria possível realizar outras alterações no modelo, de acordo com as sugestões propostas nessa sessão, a fim de estudar outros cenários para o aumento da produtividade do sistema logístico estudado. Ë importante ressaltar que quando se tem um sistema produtivo com bom aproveitamento dos recursos que o compõem, certamente, estarão sendo geradas economias de recursos e energia com conseqüente redução nas pressões sobre os ecossistemas do planeta. Neste aspecto entendemos que a ferramenta de simulação pode contribuir para a redução do impacto ambiental que sistemas produtivos possam causar.

7. Referências

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.* 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física.* São Paulo: Atlas, 1995.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logistical** *management: the integrated supply chain process.* New York: Access Intelligence, 1996.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. *Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação.* São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

FERREIRA, Aurélio B. de H., *Dicionário da Lingua Portuguêsa,* Editora Positivo, Curitiba, 2002.

HARRELL, Charles et al., *Simulação: otimizando sistemas*. SP, IMAM, 2002.PAIXÃO, Cristiane de O. R*. A Estratégia de Serviço Agregado na Indústria Automobilística: O Caso Confiat* **.**2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis*.*

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, http://www.ipcc.ch/index.htm , acessado em março de 2009.

PRADO, Darci Santos do**.** *Usando o arena em simulação*. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON. *Administração da Produção***.** São Paulo: Atlas, 2002.