

A Simulação Computacional como Ferramenta para a Tomada de Decisões no Planejamento do Transporte de Cargas

RESUMO

A gestão do transporte de carga deve basear-se no planejamento para a sua tomada de decisões e com isso minimizar os riscos e maximizar resultados, o que nesta área é de suma importância devido à quantidade de recursos materiais e financeiros por ela consumidos. A simulação computacional permite aos gestores a experimentação da realidade através de um modelo e assim avaliar como as variáveis irão se comportar no sistema idealizado. O trabalho visa investigar como a simulação computacional pode ser utilizada como ferramenta para auxílio à tomada de decisão no planejamento do transporte de carga. Para isto foram utilizados os métodos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso que utilizou um sistema de simulação. O estudo permitiu verificar que simulação computacional pode ser de grande importância na tomada de decisões em transportes de carga em todos os níveis de planejamento.

Palavras-chave: Simulação. Transporte de Carga. Planejamento.

1. INTRODUÇÃO

Uma vez definido o planejamento estratégico empresarial, todas as demais áreas que compõem o ambiente operacional devem internalizar as decisões e objetivos traçados e desenvolver meios de alcançá-los de forma específica. Neste contexto, encontra-se o planejamento e estratégia da cadeia de suprimentos e da estrutura de transporte das cargas que por ela irão percorrer. Cada decisão apresenta riscos e leva a incertezas quanto à viabilidade de sua operacionalização e o quanto esta irá apoiar a estratégia empresarial definida anteriormente.

Tudo isto se alia à quantidade de variáveis que devem ser levadas em consideração em um processo de transporte, o que muitas vezes dificulta ou até inviabiliza uma avaliação quantitativa mais aprofundada utilizando as ferramentas de análise tradicionais. Nestes casos, a simulação, que consiste no processo de experimentação, através do desenvolvimento de um modelo para investigar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno (HARRELL et al., 2002) é uma técnica que pode ser utilizada. Um modelo que permita testar situações práticas para a tomada de decisões pode ser uma importante ferramenta para minimizar incertezas e riscos provenientes deste processo.

O objetivo principal do trabalho é investigar como a simulação pode ser utilizada como ferramenta para tomada de decisões nos níveis de planejamento do transporte de cargas, contribuindo para o alinhamento estratégico e competitividade das organizações. Para isto foram utilizados os métodos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A análise e avaliação do estudo permitiram verificar que a ferramenta de simulação computacional é de grande importância na tomada de decisões em todos os níveis de planejamento: operacional, tático e, principalmente, estratégico.

2. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E TRANSPORTES

O planejamento, processo que define as ações necessárias para enfrentar situações futuras e atingir metas (MAXIMIANO, 2000) pode ser desenvolvido nos diversos níveis hierárquicos da organização e apresentar características diferentes quanto a sua abrangência e ao comprometimento da mesma no mercado. Neste contexto, observa-se o planejamento

estratégico empresarial, que compreende a tomada de decisões que afetam a empresa por longo prazo e define os rumos a serem tomados, destacando-se em seu escopo a estratégia competitiva que visa definir o conjunto de ações que a organização irá adotar a fim de atingir seus objetivos de longo prazo que são fundamentais para a sobrevivência da empresa no mercado.

A estratégia competitiva e todas as demais a ela vinculadas devem estar alinhadas para formarem uma estratégia global coordenada onde estão inclusas todas as ações ligadas a cadeia de suprimentos. Os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento de um pedido ao cliente com o objetivo de maximizar o valor global gerado, que pode ser entendido como a diferença entre o valor do produto final para o cliente e o esforço realizado por toda a cadeia para atender o seu pedido, são englobados pela estratégia de cadeia de suprimentos (CHOPRA e MEINDL, 2003).

As empresas devem preocupar-se com questões logísticas estratégicas, porque custos adicionais de estocagem podem, por exemplo, ser compensados por menor custo global de transporte ou vice-versa, causando impacto no desempenho da cadeia de suprimentos como um todo. Tudo isso deve ser feito, focando nos clientes e na melhora do nível de serviço. De acordo com Ballou (2001) a administração da logística é tarefa desenvolvida em três níveis: (1) estratégico – que define como deve ser o sistema logístico; (2) tático – que analisa como o sistema logístico pode ser eficiente e (3) operacional – que compreende a implementação do sistema logístico. Por sua vez, segundo Marques (apud FIGUEIREDO et al., 2003), a gestão do transporte de carga, por consequência do processo logístico, também inclui decisões nos três níveis apresentados. Alvarenga e Novaes (1994), ainda complementam esta idéia citando que o planejamento de transporte inclui o conhecimento de vários elementos que se enquadram nos níveis apresentados. Esta relação é ilustrada na figura 1:

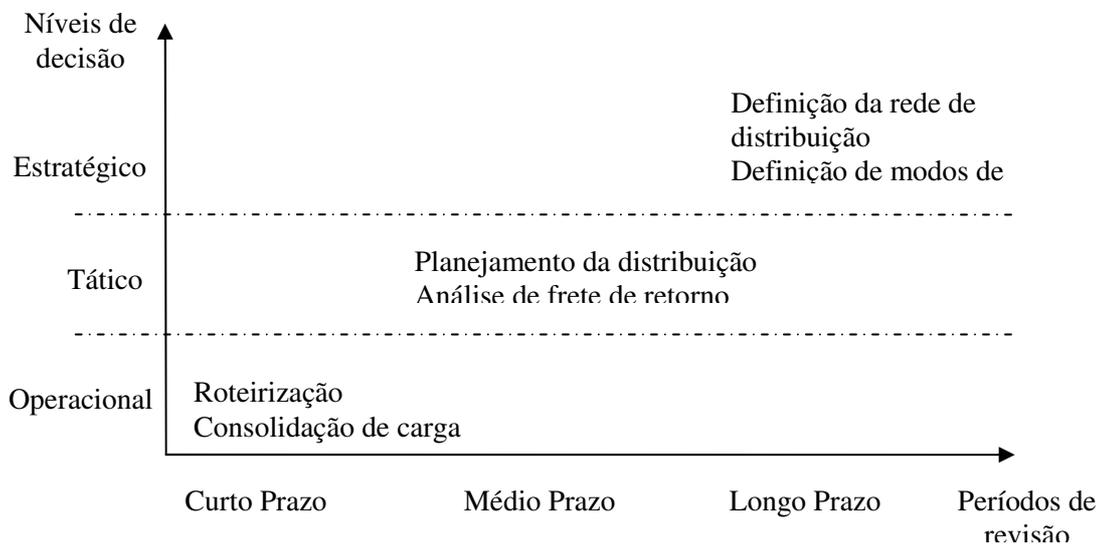


Figura 1- Seleção de decisões de transporte versus níveis de planejamento. Fonte: Elaboração própria a partir de Marques (apud FIGUEIREDO et al.; 2003) e Alvarenga e Novaes (1994)

O transporte tem grande importância para as empresas pois mobiliza os produtos nos diversos estágios da cadeia de suprimentos, tem grande influência no nível de atendimento aos clientes e é a atividade logística que absorve, em média, de um a dois terços dos custos totais deste processo. Vários são os modos de transporte utilizados pelas organizações e o mais adequado varia com as atividades da rede logística, devendo ser determinado por alguns

critérios, tais como: custo, tempo médio de entrega e sua variação e perdas e danos (BALLOU; 2001).

Atualmente, no intuito de melhorar o desempenho das cadeias de suprimentos, as empresas estudam novas formas de transportar e conseqüentemente, a utilização combinada ou não dos modos de transporte disponíveis. Estas decisões muitas das vezes estão relacionadas ao dia-a-dia das operações, mas em outras ocasiões, interferem fortemente na forma como a empresa irá atuar no mercado, em como irá atender a seus clientes e em como irá competir com seus concorrentes. Dessa forma, é de vital importância que as decisões da rede de transporte estejam alinhadas com a estratégia principal da organização.

Para Chopra e Meindl (2003) é importante compreender as habilidades do sistema em termos de eficiência e responsividade. A responsividade é a habilidade em responder às necessidades dos clientes considerando um mínimo aumento de incerteza. Para cada decisão que aumente a responsividade, existem custos adicionais que reduzem a eficiência, que pode ser entendida como inversamente correlacionada com o custo de fabricação e entrega do produto ao cliente. Os autores apontam o transporte como um dos quatro fatores-chave que não apenas determinam o desempenho da cadeia de suprimentos em termos de responsividade e eficiência, mas também determinam se o alinhamento estratégico é ou não alcançado em toda a cadeia.

O desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões para melhor configuração do sistema de transporte é de fundamental importância para a estratégia empresarial.

3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação se destaca como uma poderosa ferramenta no desenvolvimento de sistemas mais eficientes e no apoio à tomada de decisão (SALIBY, 1999). Pode se dizer que a simulação consiste no processo de experimentação, através do desenvolvimento de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado, para determinar como o sistema responderá a mudanças em sua estrutura, ambiente ou condições de contorno (HARRELL et al., 2002).

Um modelo é uma representação adequadamente simplificada de um sistema real e deve conter informações suficientemente detalhadas para responder aos propósitos da simulação. Um evento é uma ocorrência que muda o estado do sistema. Os modelos são abordados como de eventos discretos ou contínuos. Modelos de eventos discretos representam os componentes de um sistema e suas interações. Como por exemplo, a chegada de um recurso para um determinado serviço, o começo ou o final da atividade. Um evento discreto é uma ação instantânea que ocorre em um único momento (HARRELL et al., 2002). Em contraste, modelos de eventos contínuos representam sistemas cujos estados são baseados em variáveis dependentes que mudam continuamente com o passar do tempo (BANKS et al., 2001).

Já um projeto de simulação consiste no processo de construção de um modelo que pode ser dividido em etapas. Definições similares a dos passos descritos na figura 2 podem ser encontradas em Law e Kelton (2000) e Banks et al. (2001).

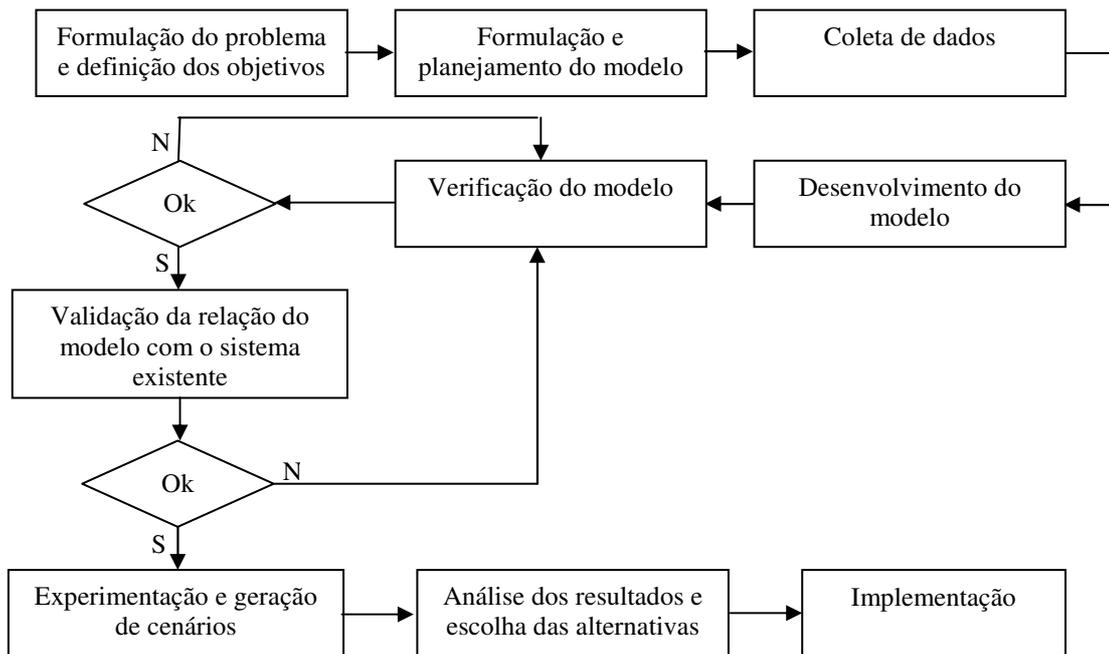


Figura 2 - Processo de construção de um modelo. Fonte: Elaboração própria a partir de Law e Kelton (2000) e Banks et al. (2001)

Os estudos em simulação começam com a formulação do problema que dá origem aos objetivos. Após esta etapa, o planejamento do modelo deve identificar os dados necessários, fontes de informações e os meios para obtê-los. O foco principal deve ser a captura destas condições e fatos que deverão servir de suporte para os objetivos do estudo. O modelo deve ser bem planejado de modo que suas saídas se tornem boas respostas para os tomadores de decisão.

A etapa de coleta de dados é um processo contínuo. À medida que o estudo de simulação progride os dados preliminares serão incorporados ao modelo e a coleta de dados adicionais receberá atenção crescente.

O desenvolvimento do modelo normalmente iniciará como uma abstração conceitual do sistema, com crescentes níveis de detalhes adicionados à medida que se procede ao seu desenvolvimento. O modelo conceitual se tornará um modelo lógico no instante em que o processamento de eventos e os relacionamentos entre os eventos estejam definidos.

O modelo está pronto para ser verificado quando ele funciona da maneira como o construtor pretendia. A verificação pode ser efetuada executando-se a simulação e monitorando-se de perto sua operação. Caso seja verificado algum problema relacionado ao modelo volta-se a etapa anterior para possíveis ajustes. Já na validação há um esforço para ratificar a forma como o modelo se relaciona com o sistema existente. Como na etapa anterior, falhas identificadas devem levar a uma nova verificação do modelo antes de prosseguir para as etapas seguintes.

Na experimentação as diversas alternativas serão testadas traçando-se os cenários para análise e avaliação dos efeitos de possíveis alterações antes que ocorram no sistema real. Os resultados de saída do processo de simulação devem ser documentados para cada configuração do modelo. Nesta fase é importante documentar não apenas a alternativa que apresenta o melhor resultado, mas também registrar outras alternativas que permitam a observação de tendências que podem sugerir considerações adicionais. Por fim, na etapa de implementação, a alternativa definida como a mais adequada, será colocada em prática.

É importante notar que o processo de construção de um modelo para simulação é por si só, uma forma de análise e planejamento de uma situação ou procedimento.

4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA E DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

Segundo Almeida (2003), o planejamento estratégico, é uma técnica administrativa que procura ordenar as idéias das pessoas, de forma que se possa criar uma visão do caminho que se deve seguir. Segundo o mesmo autor, após a ordenação de idéias, são ordenadas as ações para implementação do plano estratégico, de forma que, sem desperdícios de esforços, caminhe na direção pretendida. Observa-se que a simulação funciona como uma forma de planejar e criar a visão e caminho a ser seguido, possibilitando às organizações avaliar previamente as possibilidades de erros e acertos diante de uma situação que ainda não se concretizou.

Baseado nestes conceitos toma-se como base a seguinte situação problema: a simulação computacional pode ser utilizada como ferramenta para tomada de decisões em todos os níveis de planejamento do transporte de cargas?

Este trabalho foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica conforme Lakatos e Marconi (1991) e estudo de caso conforme Gil (1993).

4.2. FORMULAÇÃO E PLANEJAMENTO DO MODELO E COLETA DE DADOS

Utilizou-se como objeto de estudo uma grande empresa do setor químico, situada em Niterói no Rio de Janeiro, cujo principal cliente é uma grande empresa que atua no ramo de higiene pessoal e que por questões estratégicas, decidiu mudar a planta de fabricação de São Paulo para Ipojuca em Pernambuco. Esta situação poderia inviabilizar o fornecimento de matéria-prima devido à distância o que implicaria diretamente na eficiência e/ou responsividade do processo.

Com a mudança de local do cliente, o transporte exclusivamente rodoviário, que na situação anterior era plenamente justificado, passaria a ter um custo muito elevado, ocasionando perda de competitividade. O experimento demonstrado neste trabalho é bastante complexo e intensivo em dados o que, sem o auxílio de um sistema de simulação, se tornaria difícil de analisar. Para a implementação da simulação foi utilizado um sistema computacional denominado ProModel.

Devido às localizações dos pontos a serem interligados e as características do produto, uma análise prévia apontou que os modos que mais se adequam a situação são o rodoviário e marítimo. São consideradas duas possibilidades, abordando estes dois modos de transporte. A primeira considera exclusivamente o transporte rodoviário e a segunda contempla a integração dos modos marítimo e rodoviário. O modo rodoviário apesar de apresentar uma maior segurança em termos de confiabilidade no prazo de entrega possui custos elevados quando aplicado a longas distâncias. No caso da intermodalidade citada, os custos podem ser reduzidos em percentual significativo conforme apresentado nos resultados deste estudo.

Como forma de minimizar custos e ter um maior controle da cadeia de suprimentos, estão sendo consideradas as seguintes medidas: (1) utilização do modo marítimo em conjunto com o rodoviário na operacionalização do transporte; (2) contratação de um operador logístico para gestão estratégica do ciclo de transporte, possibilitando uma visão global da cadeia de suprimento; (3) contratação de um armador para o transporte marítimo por cabotagem.

4.3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A figura 3 ilustra o processo e serve como referência para a discussão a seguir. O ciclo de fornecimento inicia no momento do envase do produto na fábrica do Rio de Janeiro. O produto será colocado em contêineres do tipo isotanque e transportado via modo rodoviário até o porto do Rio de Janeiro. Os contêineres cheios permanecerão neste porto até a chegada do navio que fará o transporte até o porto de Suape. O armador tem disponibilidade de dois navios para o transporte de cabotagem. Os contêineres serão desembarcados no porto de Suape e transportados por modo rodoviário até a planta do fabricante do produto final, de acordo com a demanda. Neste momento será realizado o abastecimento do tanque de estocagem do cliente. Uma vez vazio, o contêiner é transportado via modo rodoviário, de volta ao porto de Suape, onde aguardará o navio para transportá-lo até o porto do Rio de Janeiro. Após o desembarque, o contêiner vazio deverá ser levado até um local onde passará por um processo de limpeza. Depois disso, o contêiner retorna à planta do fabricante, onde novamente o produto será envasado e o ciclo novamente iniciado. Em todos os casos o transporte rodoviário será realizado por veículos compostos do tipo caminhão trator e semi-reboque plataforma.

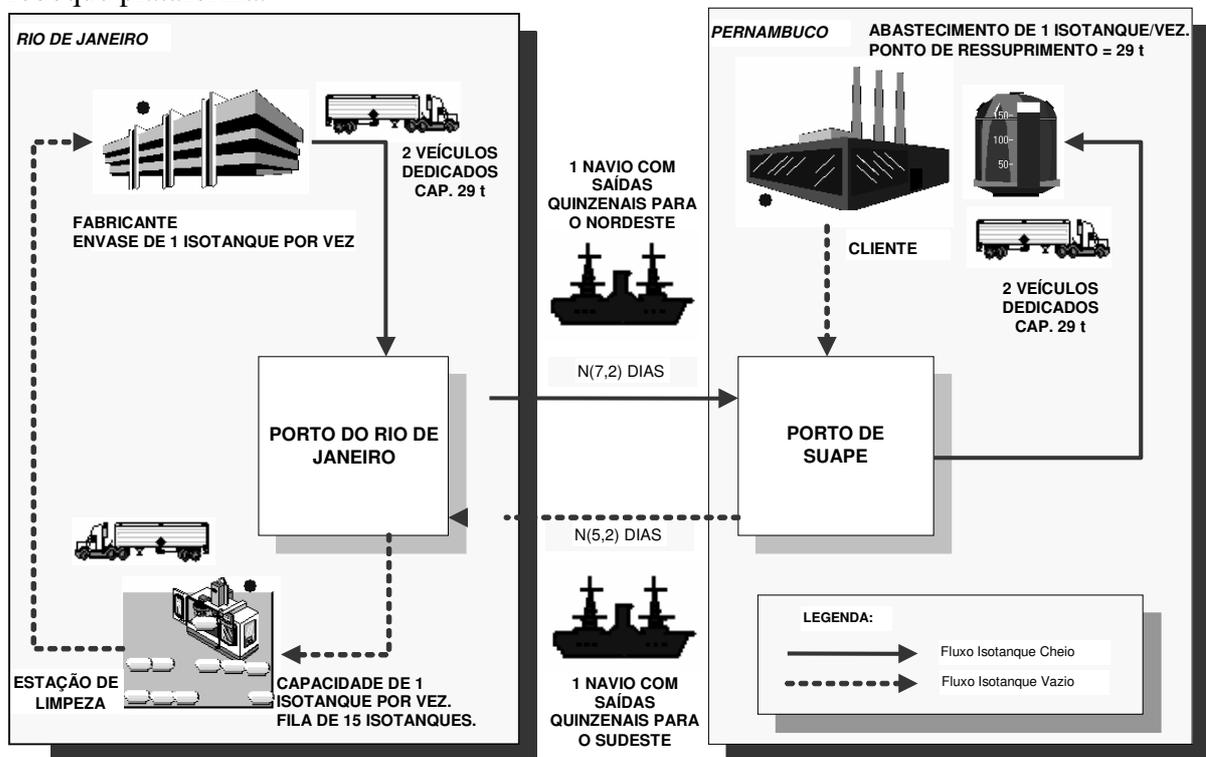


Figura 3 - Processo logístico de abastecimento e retorno de isotanques. Fonte: Elaboração própria a partir de dados do modelo de simulação

A partir do detalhamento apresentado anteriormente foram definidos quatro objetivos principais (tabela 1), que se relacionam com os níveis de planejamento administrativo e ações/decisões (figura 1) para compor o planejamento de transporte e que deveria ser analisado através da simulação:

TABELA 1: Premissas dos cenários

Objetivos	Nível de Planejamento	Ações/Decisões
(1) Estabelecimento de uma melhor compreensão sobre a natureza dos processos transporte, envase, abastecimento e limpeza dos isotanques, antes de suas implementações.	Estratégico	Definição da rede de distribuição e dos modos de transporte e desenvolvimento da visão sistêmica sobre o processo.
	Tático	Análise e definição dos equipamentos a serem utilizados.
	Operacional	Análise das características ou parâmetros sobre a carga e operacionalização do processo.
(2) Definição da quantidade inicial de isotanques a serem adquiridos e que serão introduzidos no ciclo.	Estratégico	Estabelecimento do nível de serviço desejado.
	Tático	Acompanhamento do nível de serviço atual.
(3) Previsão do custo de armazenagem nos portos.	Estratégico	Estabelecimento do nível de serviço desejado.
	Tático	Acompanhamento do nível de serviço atual.
(4) Previsão do custo total de transporte.	Estratégico	Definição da rede de distribuição e dos modos de transporte
	Tático	Planejamento da distribuição.

Fonte: Elaboração própria a partir do modelo de simulação.

Outras considerações são relevantes na caracterização do modelo de simulação:

- Somente haverá estoque em processo, no tanque da planta de Ipojuca ou nos portos;
- Devem ser estimados quantos dias são necessários além dos dias livres cedidos, para permanência dos isotanques nos portos do Rio de Janeiro e Suape. Atualmente, existe um limite sem custo adicional de quinze dias de permanência no porto do Rio de Janeiro, e no porto de Suape de dez dias para isotanques cheios e de oito dias para isotanques vazios. Em função de restrição de espaço, foi considerado neste estudo que não há a possibilidade de estoque de isotanques nos pátios do fabricante ou do cliente.
- Transporte rodoviário fabricante x cliente: para alguns cenários é utilizado este tipo de transporte para garantir a segurança do fornecimento. Cada veículo tem capacidade de 29 toneladas. Nesta situação, veículo tem prioridade no envase e abastecimento do tanque.
- Run time: O tempo total considerado na simulação é de 360 dias para todos os cenários. Antes de rodar a simulação, assumi-se que o tanque está completamente cheio. É determinada uma quantidade inicial de isotanques cheios nos portos de Suape e do Rio de Janeiro. A soma desta quantidade inicial representa o total de isotanques que estarão no processo durante toda a simulação.
- Foi considerado que na estação de limpeza, na unidade do cliente e na planta do fabricante só há operação de segunda a sexta-feira em um único turno de 8h às 16h.
- Não há consumo de matéria-prima aos domingos em Pernambuco.
- O critério de segurança foi estabelecido em dias de estoque de acordo com o consumo do cliente. Para o estudo em questão foram estabelecidos três graus de risco. O primeiro é quando a quantidade total de produto disponível em Pernambuco (tanque de Ipojuca mais porto) fica menor do que quatro dias de consumo, que é uma média de tempo de trânsito rodoviário entre fornecedor e o cliente. O segundo ponto crítico ficou estabelecido em três dias e o terceiro quando a quantidade chega a zero. Neste caso são computados os dias que o cliente permaneceu com estoque zero.

4.4. VERIFICAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO DO MODELO

Após o desenvolvimento do modelo foram elaboradas diversas alternativas que deram origem a quatro cenários-base, conforme ilustrado na tabela 2:

TABELA 2: Premissas dos cenários

PREMISSAS	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
Capacidade do Tanque	174 t	174 t	174 t	374 t
Demanda	T(22.6,28,33.6) t/dia	T(22.6,28,33.6) t/dia	Constante 33.6 t/dia	T(22.6,28,33.6) t/dia
Quantidade Inicial de Isotankers cheios em Suape	21	19	19	20
Quantidade Inicial de Isotankers Cheios no RJ	14	11	11	12
Saídas Semanais de Veículos Rodoviário Rio de Janeiro x Ipojuca	0	1	2	0

Fonte: Dados do estudo

Após a experimentação, utilizando-se as premissas para cada cenário foram obtidos os resultados (Tabela 3) que são comentados a seguir:

TABELA 3: Resultados dos cenários

OBJETIVOS		RESULTADOS	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4
(1) Estabelecimento de uma melhor compreensão sobre a natureza dos processos transporte, envase, abastecimento e limpeza dos isotankers, antes de suas implementações.	(2) Definição da quantidade inicial de isotankers a serem adquiridos e que serão introduzidos no ciclo.	Nº de vezes que o estoque total fica menor que 4 dias de consumo	3	3	4	2
		Nº de vezes que o estoque total fica menor que 3 dias de consumo	1	2	2	2
		Nº de vezes que o estoque total vai a zero	1	0	0	0
		Qtd de dias de estoque total zero	3	0	0	0
	(3) Previsão do custo de armazenagem nos portos.	Média mensal de demurrage total (R\$)	4.913,50	5.104,46	5.113,14	3.430,46
	(4) Previsão do custo total de transporte	Média mensal de custo de transporte rodoviário (R\$)	118.466,00	100.160,00	101.758,00	116.102,00
		Média mensal de custo de transporte rodoviário RJ x Ipojuca (R\$)	-	46.800,00	93.600,00	-
		Custo Total (R\$)	123.379,50	152.064,46	200.471,14	119.532,46

Fonte: Dados do estudo

Através da análise da tabela 3 observa-se que os resultados da simulação se relacionam com os objetivos estabelecidos na tabela 1, proporcionando a visão de como eles se integram aos três níveis de planejamento apresentados.

Para o caso do segundo objetivo estabelecido neste trabalho, analisa-se o resultado com base na escolha da quantidade de isotanques introduzida no processo e a relação com a demanda e capacidade de estocagem do cliente. Para cada cenário obteve-se o nível de serviço proveniente das premissas adotadas (tabela 2) e o grau de risco, auxiliando na tomada de decisão a respeito dos investimentos necessários para funcionamento do processo em questão. No cenário 1, por exemplo, são adquiridos 35 isotanques (21 inicialmente em Suape e 14 no Rio de Janeiro), porém não é previsto qualquer investimento em novas instalações como aumento da capacidade estática do tanque. De acordo com este modelo por três vezes o total de produto disponível em Pernambuco fica menor do que quatro dias de consumo e por uma vez o estoque chega a zero.

O custo de armazenagem nos portos denominado demurrage (adicional cobrado por exceder o tempo de permanência permitido dos isotanques no porto) e o custo total de transporte são resultado da quantidade de isotanques considerados na rede, do número de viagens e da demanda em Ipojuca. O terceiro e quarto objetivos são verificados através dos resultados da simulação, que mostram os custos em função do nível de serviço pretendido e permite a análise da rede de distribuição escolhida. O acompanhamento operacional é facilitado, pois o nível de detalhamento de custo e do grau de atendimento permite a visualização diária e a confrontação do planejado com o realizado.

No cenário 2 são adquiridos 30 isotanques e acrescenta-se ao processo um veículo de 29 toneladas uma vez por semana para garantir a confiabilidade no abastecimento. Neste caso o custo total aumenta em 23,24% em relação ao cenário 1, porém fica garantido que o estoque no cliente não chega a zero, diminuindo o risco do processo e aumentando o nível de serviço. Já o cenário 3 considera uma taxa de demanda constante 20% maior que a média. Nesta situação, o número de isotanques permanece igual ao cenário 2 e são acrescentadas ao processo dois veículos de 29 toneladas, uma vez por semana. Este foi o cenário que apresentou o pior resultado, pois o custo de transporte é o maior e o risco de se trabalhar com estoque baixo aumenta.

O primeiro objetivo que é mais abrangente, pois tem como foco a compreensão dos processos e suas interações antes da implementação, é claramente atendido ao verificar-se os resultados dos outros três objetivos. Com a interação das premissas de cada cenário é possível analisar quais serão os resultados e os impactos gerados pela rede e modos de transporte escolhidos para operacionalização, bem como os níveis de serviço provenientes de cada uma das alternativas testadas e os seus respectivos custos. No último cenário delineado, é considerado além de um aumento na capacidade do tanque no cliente em 200 toneladas uma redução de três unidades na quantidade de isotanques adquiridos comparando-se com o cenário 1. Não existe o acréscimo de veículos para transporte semanal e a taxa de demurrage no porto diminui em função do aumento da capacidade estática do tanque. Desconsiderando o investimento inicial no aumento de capacidade, a simulação mostra que esse foi o cenário que apresentou o melhor resultado de custos totais e também mostra um risco menor que os cenários anteriores, dando base para a tomada de decisão. O investimento nos tanques deverá ser considerado como parte do custo total caso esta alternativa seja escolhida. Neste caso, a análise deverá ser refeita, pois este fato pode mudar totalmente a tomada de decisão.

4.5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A simulação deste caso específico, não é apenas uma forma de determinar o custo total do processo e o seu grau de risco, mas também uma forma de visualizar como toda a estrutura planejada se inter-relaciona e quais são os resultados provenientes de cada escolha, formando uma base para a tomada de decisão nos níveis estratégico, tático e operacional.

Conforme a abordagem de Chopra e Meindl (2003) sobre eficiência e responsividade, os riscos apresentados pelo modelo podem ser claramente reduzidos através de investimentos em equipamentos e capacidade de armazenagem e transporte rodoviário extra, mas podem tornar o projeto inviável devido aos altos valores envolvidos. A empresa poderá escolher as alternativas baseadas nos objetivos principais que motivaram o desenvolvimento do estudo. Pode-se observar também que o modelo pode reduzir o custo, ou seja, aumentar a eficiência da empresa no fornecimento da matéria-prima e ao mesmo tempo proporcionar um nível de serviço adequado às suas necessidades.

O projeto de simulação, apesar de algumas limitações, mostra-se bastante adequado ao planejamento de transporte para o caso estudado, uma vez que auxilia na previsão de como o processo irá se comportar e aponta possíveis falhas que irão comprometer o nível de serviço, relacionado ao planejamento estratégico. Desta forma é possível que a empresa tenha tempo suficiente para tomar decisões que afetem seus custos ou grau de atendimento, diferentemente da maioria das situações que não permitem a análise necessária para minimização de riscos.

A simulação auxiliou na tomada de decisões para todos os níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional), se transformando em uma ferramenta de apoio a decisões de curto, médio e longo prazo. No caso do longo prazo, enquadrado como planejamento estratégico, pode-se chegar a informações que auxiliem na definição da rede de distribuição e dos modos de transporte, no desenvolvimento da visão sistêmica sobre o processo, além do estabelecimento do nível de serviço desejado que, neste caso, pode ser considerado um dos principais itens de decisão em função dos custos gerados. O caso mostra como a simulação permite tomar decisões a respeito de itens enquadrados no nível estratégico como a quantificação da capacidade de armazenagem na fábrica, a escolha do modo rodo-marítimo e os custos envolvidos na transferência dos produtos por esta rede. A simulação também demonstrou grande auxílio para a questão do alinhamento estratégico, uma vez que permitiu um maior embasamento para que a empresa em questão decidisse por uma estrutura de cadeia de suprimentos que apoiasse a estratégia principal de mudança da fabricação na planta de São Paulo para Pernambuco.

No que diz respeito ao planejamento de médio prazo observa-se que a simulação permite a análise e definição dos equipamentos a serem utilizados, incluindo a quantidade de cada um deles, como o caso dos isotanques que a empresa deverá disponibilizar e o número de veículos a serem incluídos no processo. Outra importante contribuição é que o processo de simulação em questão permite o acompanhamento do nível de serviço no decorrer do tempo, mostrando as vezes em que a estrutura disposta não irá proporcionar o atendimento almejado e definido no planejamento estratégico. Nesta situação a empresa pode recorrer a alternativas de transporte rodoviário para manter o nível do tanque em um patamar considerado seguro, o que permite um novo planejamento da distribuição e resulta em ações emergentes para o processo.

Para o curto prazo a simulação pode trazer vantagens, pois atua na análise das características e parâmetros sobre a carga e no apoio à própria operacionalização do processo. No caso apresentado foi possível a definição de como seria toda a rotina, incluindo as exceções da necessidade de envio de veículos rodoviários diretamente para Ipojuca, trazendo mais tranquilidade para funções de nível operacional que precisam estar o tempo todo

tomando decisões sem analisar com profundidade os impactos que as mesmas podem causar no médio e longo prazo.

O próprio processo de simulação, observando-se as etapas apresentadas, tem bastante semelhança com o processo de planejamento empresarial, uma vez que inclui o levantamento de dados, análise, desenvolvimento de alternativas, validação, implantação, análise dos resultados e replanejamento para os próximos períodos. O modelo utilizado é adequado ao planejamento do transporte de carga e em suas fases, busca conhecimentos de elementos enquadrados nos três níveis de decisão abordados na figura 1.

5. CONCLUSÃO

A simulação se mostrou uma ferramenta adequada na concepção de como será o funcionamento dos processos estudados. Seus resultados formaram uma base sólida para a decisão nos três níveis de planejamento sobre quais investimentos serão realizados, os custos envolvidos e o nível de serviço decorrente.

O processo de simulação pode ser um grande diferencial para o planejamento do transporte de carga visto que, comparando-se com um sistema real de transporte, tem um custo muito baixo, possibilitando as empresas a análise do fluxo antes mesmo de sua implementação e realização de investimentos. Na prática, é uma importante ferramenta de experimentação de decisões tomadas no planejamento antes de efetivamente colocá-las em funcionamento real, sendo possível a simulação de comportamento de compensações envolvidas no problema estudado.

A aplicação da simulação demonstrou bom resultado e retorno para um problema complexo com relação entre muitas variáveis, facilitando a análise e apresentando dados que envolvem o planejamento estratégico e sua relação com o tático e operacional.

Como limitações comenta-se que o projeto apresentado parte do princípio que não há mudanças ambientais fortes, ou seja, presume-se um ambiente relativamente estável ou de mudanças num prazo maior do que o simulado. O modelo não está isento de falhas não previstas na simulação como atraso de transportadores, burocracia portuária, problemas de qualidade do produto que podem ser identificados na hora de sua utilização, grandes variações na demanda que não possam ser supridas pela estrutura de isotanques atual etc. O projeto também não considera o valor dos investimentos nos tanques e é desenhado para um caso específico, o que implica dizer que se houverem mudanças na rede de transporte será necessária outra estrutura para simulação.

Também é importante estudar de forma mais aprofundada os efeitos da simulação depois que o processo é colocado em prática e assim poder comparar os resultados previstos e realizados.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Martinho I. R., Manual de planejamento estratégico, Atlas, 2003.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Porto Alegre, Bookman, 2001.

BANKS, J. CARSON, J. S., NELSON, B. L., NICOL, D. 2001. Discrete-Event System Simulation - Upper Saddle River, N. J. Prentice-Hall, 2001.

CHOPRA, Sunil & MEINDL, Peter. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação - São Paulo, Prentice Hall, 2003.

FIGUEIREDO, Kleber Fossati et al. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento do Fluxo de Produtos e dos Recursos. São Paulo: Atlas, 2003.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.

HARRELL, Charles R., Mott, J.R.A., Bateman, R.E., Bowden, R.G., Gogg, T.J.. Simulação otimizando os sistemas – São Paulo, Instituto IMAM, 2002.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina. Fundamentos da Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 1991.

LAW, A. M. & KELTON, W. D. X. Simulation Modeling and Analysis - New York, McGraw-Hill, 2000.

LAW, Averill M. How to Conduct a Successful Simulation Study. Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey, p.66 – 70, 2003.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru. Teoria Geral da Administração. Editora Atlas, 2 ed. São Paulo, 2000.

NOVAES, Antônio Galvão N.; ALVARENGA, Antônio Carlos. Logística Aplicada: Suprimento e Distribuição. Editora Pioneira, São Paulo, 1994.

SALIBY, Eduardo. Tecnologia de informação: Uso da Simulação para Obtenção de Melhorias em Operações Logísticas. Artigos CEL, Centro de Estudos em Logística, Disponível em: <www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>, 1999.