



O Desenvolvimento de um Ambiente de Simulação para um Centro de Distribuição de Peças

Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes (EESC-USP) hjpontes@sc.usp.br

Claiton de Oliveira (EESC-USP) claiton@sc.usp.br

Breno Barros Telles do Carmo (UFC) brenotelles@hotmail.com

Arthur José Vieira Porto (EESC-USP) ajvporto@sc.usp.br

Resumo: Com o crescimento da diversidade de produtos e o elevado custo de oportunidade de capital, as empresas buscam cada vez mais garantir a disponibilidade de produto ao cliente final, com o menor nível de inventário possível. As ferramentas de simulação disponibilizam aos gestores melhores visões do negócio e melhores condições para a tomada de decisão. Em um Centro de Distribuição de Peças (CDP), para se alcançar um melhor desempenho no gerenciamento do inventário é importante poder contar com uma ferramenta capacitada para realizações de simulações de possíveis cenários. Este trabalho tem como objetivo mostrar o desenvolvimento de um ambiente de simulação do inventário de para um CDP específico. O ambiente de simulação tem como objetivo calcular a previsão de demanda, a política de reposição das peças, o percentual de atendimento dos pedidos, os meses de inventário, a quantidade de Scrap e a quantidade de peças para devolução. Para o desenvolvimento do ambiente de simulação adaptou-se uma metodologia de simulação e utilizou-se de métodos de modelagem e linguagem de programação orientado a objeto. O ambiente de simulação foi submetido a experimentos com diferentes cenários e os resultados confirmaram a qualidade do sistema de simulação desenvolvido.

Palavras-chave: Centro de Distribuição de Peças; Inventário; Simulação.

1. Introdução

A tomada de decisões é um fato cotidiano que desempenha um papel relevante dentro das empresas. Atualmente, o alto grau de competitividade no meio empresarial exige a capacidade de tomar decisões rápidas e precisas. A qualidade da tomada de decisão tem relação direta com os dados disponíveis para o tomador de decisão.

O gerenciamento do inventário é uma atividade complexa e exigem tomadas de decisões precisas e concisas. A eficácia do gerenciamento do inventário tem grande influência na lucratividade do CDP e na empresa como um todo. A capacidade de gerenciar o inventário determina diretamente os níveis de estoques necessários para atingir os níveis de serviço desejados. Em muitas empresas, os estoques representam o maior valor do ativo, ou seja, melhorar o desempenho dos estoques resulta em importantes melhorias no fluxo de caixa e em aumentos da lucratividade.

Para alcançar o melhor desempenho no gerenciamento do inventário é importante que o Centro de Distribuição de Peças (CDP) tenha uma ferramenta paralela a seu sistema de gerenciamento de inventário para realizações de simulações de possíveis acontecimentos.

A partir da necessidade descrita acima, desenvolveu-se um ambiente de simulação de inventário para um CDP específico. Esse ambiente de simulação desenvolvido tem a finalidade de trabalhar com suposições, projeções e manipulações de variáveis, assim, permite



o responsável pelo inventário investigar os resultados conforme as variações dos prováveis acontecimentos.

A empresa utilizada como base para o desenvolvimento do ambiente de simulação de inventário é uma multinacional do segmento de máquinas pesadas localizada no estado de São Paulo. Em seu CDP no Brasil ocorrem atualmente cerca de 50.000 *Calls* (atendimentos) por mês e para atender esta demanda o inventário do CDP é composto por aproximadamente 100.000 peças.

2. Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento do ambiente de simulação de inventário de CDP proposto neste trabalho, foi necessário o entendimento de vários conceitos que são:

- Centro de Distribuição de Peças: sua definição, características, funções e benefícios de utilização;
- Inventário: sua definição, como gerenciar o inventário e principais medidas de desempenho;
- Simulação: sua definição, características, quando utilizá-la, vantagens e desvantagens de utilização, tipos de ferramentas para simulação e metodologias para desenvolvimento de estudos de simulação.

2.1 Centro de Distribuição de Peças

O Centro de Distribuição de Peças (CDP) é o local onde se armazena peças de um fabricante ou de diversos fabricantes por um determinado período de tempo, para serem consolidados e enviados aos seus consumidores em comum (FRAZELLE, 2002).

Para Mulcahy (1994), CDP é definido como um espaço físico responsável pela armazenagem de uma variedade de peças de um fornecedor ou da própria fábrica e responsável também pela liberação das peças para seus clientes. Conforme Rodrigues e Pizzolato (2003), o conceito de CDP é moderno e suas funções ultrapassam as tradicionais funções dos depósitos, galpões ou almoxarifados, as quais não são adequadas dentro do sistema logístico.

Segundo Farah Junior (2002), os CDP são instrumentos que viabilizam de forma competitiva o fluxo de peças vindas dos fabricantes, até os seus diversos graus de capilaridade distributiva. O CDP deve ser um meio de minimização de custos, melhoria no uso dos recursos e apoio ao processo de venda e pós-venda.

De acordo com Tompkins *et al.* (1996), existem diversos tipos de armazéns dentre eles o CDP. De acordo com a localização destes armazéns no contexto logístico, estes podem ter diferentes funções. Em geral, as funções dos CDP são:

- Permitir o equilíbrio entre a quantidade produzida e a demanda;
- Diminuir a distância de transporte para permitir uma resposta aos clientes em menor tempo;
- Permitir a consolidação de produtos de vários fornecedores para consumidores comuns, ou seja, tornar os produtos mais próximos à manufatura e ao consumo.

Diversas vantagens são identificadas na literatura quanto à adoção do CDP no sistema logístico. Essas vantagens obtidas pela armazenagem, centralização de estoque podem beneficiar todos os elos da cadeia: fornecedor, empresa e consumidor.



Segundo Farah Junior (2002), algumas vantagens de um CDP são: cumprimento do tempo de entrega, precisão no atendimento, qualidade do produto entregue, suporte no pós-venda, redução do custo de transporte, liberação de espaço nas fábricas e nos clientes, redução de mão-de-obra nos clientes para o recebimento e conferência de mercadorias e diminuição de falta de produtos nos clientes.

Bowersox e Closs (2001) identificam também duas vantagens na adoção do CDP no sistema logístico: a capacidade de agregar valor ao produto (postergação) e os diferentes tipos de operações que podem ser realizadas no mesmo (Consolidação de cargas, *Break Bulk*, *Cross-Dock* e Formação de Estoque).

2.2 Inventário

Segundo Cox III e Blackstone (2002), inventário são aqueles estoques usados para suportar produção (matéria-prima e itens em processo), suportar atividades gerais (manutenção, reparos e suprimento de operações) e suportar serviço aos clientes (produto acabado, partes e peças).

O inventário consiste em uma reserva de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados ou peças que se encontram em inúmeros lugares dentro de uma empresa e em canais logísticos.

De acordo com Dear (1990), a classificação do inventário em grupos para o gerenciamento tem como objetivo tratar cada grupo de maneira diferente. As principais classificações são feitas em relação: aos fornecedores; a importância do item e classes ABC.

Conforme Krajewski e Ritzman (2004), o gerenciamento de inventário é uma preocupação importante para os gerentes em todos os tipos de empresa. Por essa razão, os gerentes acompanham de perto os inventários para mantê-los em níveis aceitáveis. O desafio consiste não em diminuir os estoques de forma excessiva para reduzir custos ou ainda ter muito estoque disponível a fim de satisfazer todas as demandas, mas em possuir a quantidade certa para alcançar as prioridades competitivas da empresa do modo mais eficiente.

A função do gerenciamento de inventário consiste em compatibilizar os custos e as pressões conflitantes que exigem estoques reduzidos e níveis de serviços elevados (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2004).

Segundo Brewer *et al.* (2001), as organizações têm que responder três questões importantes no gerenciamento de inventário que são: que itens devem ser estocados, quando deve ser realizado um novo pedido do item e qual tamanho deve ser o pedido.

Segundo Forgyat *et al.* (1991), os dois principais critérios de avaliação do desempenho do gerenciamento de inventário são:

- nível de serviço prestado ao cliente;
- investimento necessário em inventário para alcançar esse nível de serviço.

De acordo com Bowersox e Closs (2001), o nível de serviço comporta objetivos de desempenho que a função de estoque deve ser capaz de cumprir, ou seja, o nível de serviço define quais os objetivos de desempenho que os estoques devem ter no atendimento das necessidades do mercado.

Conforme Gaither e Frazier (2002), nível de serviço refere-se à probabilidade de que um *stockout* (falta de estoque) não ocorrerá durante o lead time. O nível de serviço é um objetivo fixado pela alta administração. Comporta objetivos de desempenho que a função de estoque deve ser capaz de cumprir.



Ao gerenciar o inventário é importante manter as atenções voltadas para a questão da quantidade de peças no inventário, haja vista que, quando diminui a quantidade física de peças no CDP, gera-se uma economia de área, menos movimentação, menor custo de armazenagem, menor custo de administração menor custo de obsolescência, dentre outros.

2.3 Simulação

Simulação computacional ou simulação é o processo de projetar um modelo lógico matemático de um sistema real e fazer experimentos deste sistema no computador (PRITSKER, 1986).

Conforme Shannon (1998), simulação consiste no processo de desenvolver um modelo de um sistema real e realizar experimentos com este modelo com o propósito de entender o comportamento do sistema e/ou as evoluções das várias estratégias para a operação do sistema.

Para Harrel e Tumay (1997), simulação é uma atividade por meio da qual se pode tirar conclusões sobre o comportamento de um dado sistema pelo estudo do comportamento do seu modelo correspondente no qual as relações de causas e efeitos são as mesmas ou similares do sistema real.

Segundo Freitas Filho (2001), a simulação permite ao analista realizar estudos sobre os correspondentes sistemas para responder questões do tipo “O que aconteceria se”. O principal apelo ao uso desta ferramenta, é que tais questões podem ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação, uma vez que os estudos são realizados no computador. A simulação permite que tais estudos sejam realizados sobre sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido iniciada.

Bertrand e Fransoo (2002) apontam que apesar da qualidade científica dos resultados da simulação ser menor que o caso de análise matemática, sua relevância científica é alta. A variedade de modelos científicos na qual a simulação é capaz de trabalhar é maior que uma análise matemática. Eles apontam que a simulação é utilizada em casos onde os modelos ou problemas são muitos complexos para uma análise matemática formal.

As vantagens da simulação são citadas por Banks (1998), Banks *et al.* (1996), Kelton *et al.* (1998), Carson II (2004) e Centeno e Carrillo (2001) são:

- Modelos mais realistas: maior liberdade na construção do modelo;
- Processo de modelagem evolutivo;
- Uma vez criado, um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas;
- Os modelos de simulação podem ser quase tão detalhados quanto os sistemas reais, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão, fluxos de informação, podem ser avaliados sem que o sistema real seja perturbado;
- Perguntas do tipo “e se?” (“*what if?*”): em diversos casos, em lugar de buscar uma solução, o objetivo resume-se em tornar mais claras as possíveis conseqüências de um conjunto de decisões;
- Aplicação a problemas mal-estruturados;
- Aquisição de visão sistêmica.

Os mesmos autores citam também algumas desvantagens da simulação:



- A modelagem e a análise da simulação podem ser dispendiosas em termos de recursos financeiros e de tempo;
- A construção de modelos requer treinamento especial;
- A programação de um modelo de simulação pode ser tornar altamente dispendiosa e desgastante se os recursos computacionais não forem apropriados;
- Os resultados da simulação são, muitas vezes, de difícil interpretação.

Um processo de simulação baseia-se numa série de etapas que é chamada de metodologia de simulação. Diferentes metodologias têm sido apresentadas por vários autores, dentre eles Freitas Filho (2001), Law e Kelton (2000) e Banks *et al.* (1996). Essas metodologias são semelhantes pois se baseiam no mesmo método científico. A seguir são detalhados os passos das três metodologias dos autores citados acima.

A metodologia descrita por Freitas Filho (2001) é formada pelos seguintes passos: Formulação e Análise do problema; Planejamento do projeto; Formulação do modelo conceitual; Coleta de macro-informações e dados; Tradução do modelo; Verificação e validação; Projeto experimental final; Experimentação; Interpretação e análise estatística dos resultados; Comparação de sistemas e identificação da melhores soluções; Documentação; Apresentação dos resultados e implementação.

A metodologia descrita por Law e Kelton (2000) é formada pelos seguintes passos: Formulação do problema e planejamento do estudo; Coleta de dados e definição do modelo; Validação do modelo conceitual; Construção do programa computacional e verificação; Realização de execuções piloto; Validação do modelo programado; Projeto dos experimentos; Realização das execuções de simulação; Análise dos dados de saída; Documentação e apresentação e implementação dos resultados.

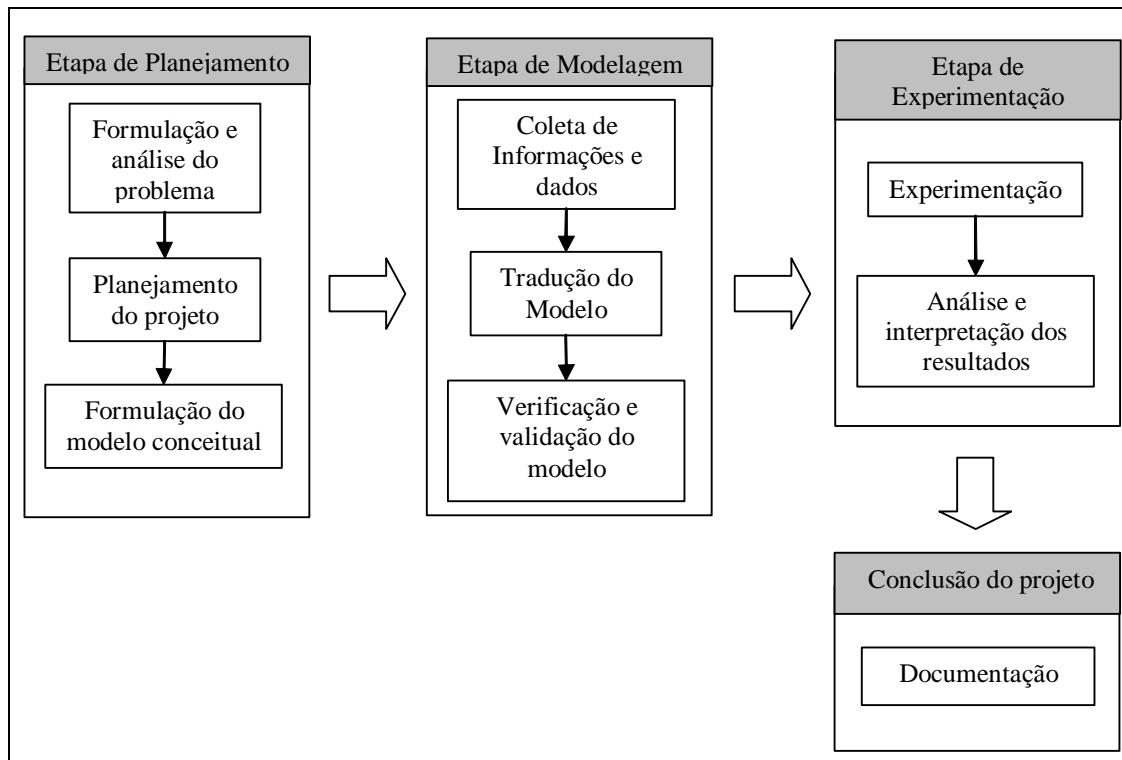
A metodologia descrita por Banks *et al.* (1996) é formada pelos seguintes passos: Formulação do problema; Definição do modelo; Modelo conceitual; Coleta de dados; Tradução do modelo; Verificação do modelo; Validação do modelo; Projeto experimental; Execução da simulação e análise; Realiza mais simulações caso necessário; Documentação e apresentação; Implementação.

3. O Desenvolvimento do Ambiente de Simulação de Inventário para um CDP

O simulador desenvolvido neste trabalho complementa o sistema gerencial de inventário de um CDP realizando simulações futuras dos indicadores gerenciais sem agredir a integridade dos dados contidos no sistema gerencial já existente. A partir destas simulações, os responsáveis pelo inventário têm condições de tomar decisões com maior segurança e mais rapidamente. O simulador possibilita aos mesmos avaliar diferentes políticas gerenciais sem impactar ou interromper os processos em andamento no dia-a-dia do CDP.

No desenvolvimento do ambiente de simulação adaptou-se a metodologia descrita por Freitas Filho (2001). Todas as metodologias estudadas durante a revisão bibliográfica são semelhantes, a escolha da metodologia de Freitas Filho (2001) ocorreu devido à verificação de aplicações dessa metodologia em vários casos práticos com sucesso. As outras metodologias também foram estudadas para um maior esclarecimento de cada passo.

A metodologia adaptada para o desenvolvimento do ambiente de simulação de inventário adaptada de acordo com necessidade observada pelo CDP em estudo e a análise dos passos da metodologia em estudo esta descritas na Figura 1.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 1 – Metodologia Adaptada para o Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

3.1 Formulação e Análise do Problema

Iniciou-se o estudo definindo os propósitos e objetivos do ambiente de simulação de modo a entender quais parâmetros influenciam o sistema e o que está se modelando. Para isso traduziu-se a linguagem do responsável pelo inventário para uma linguagem precisa e claramente entendida. Para obtenção da familiarização e conhecimento adequado dos processos gerenciais do inventário do CDP, todo o processo gerencial foi descrito em forma matemática/lógica e em forma de fluxogramas.

Após o período de familiarização com o sistema real confirmou-se a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta de apoio ao sistema computacional de gerenciamento de inventário.

A ferramenta proposta tem como respostas cenários no futuro com relação aos principais indicadores gerenciais para cada peça do inventário. Os principais indicadores são: previsão de demanda, reposição de peças, percentual de atendimento dos pedidos, meses de cobertura do inventário, quantidade de Scraps, quantidade de peças para devolução.

O ambiente proposto espera ter como respostas cenários no futuro com relação aos principais indicadores gerenciais do inventário para cada peça. Os principais indicadores são: reposição e recebimento de peças, previsão de demanda, a quantidade de cada peça em estoque, percentual de atendimento dos pedidos, meses de cobertura do inventário, índice de peças *Scraps* (refugo), quantidade de *Backorders* (ordens em atraso), quantidade de peças para devolução, dentre outros.

No início do trabalho foi definido que não era esperado como resposta desta ferramenta decisões de otimizações, mas sim fazer simulações do sistema real. A ferramenta se limita a realizar projeções futuras a partir de dados fornecidos pelo sistema gerencial do inventário e de dados fornecidos na interface da ferramenta pelo operador do inventário.



3.2 Planejamento do Projeto

Nesta etapa foram verificados os recursos (*hardware e software*) para realização deste trabalho. Para melhor organização do desenvolvimento, foi construído um cronograma temporal das atividades envolvidas no trabalho. Na Tabela 1 observa-se o cronograma temporal dividido em meses.

Tabela 1 – Cronograma Temporal das Atividades de Desenvolvimento do Ambiente de Simulação

N	Atividade	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7
1	Familiarização com o Sistema Real	X	X					
2	Modelagem das Transações		X	X	X			
3	Definição do Sistema		X	X	X			
4	Criação de Telas			X	X			
5	Programação			X	X	X	X	
6	Validação					X	X	
7	Teste de Consistência dos Dados						X	X
8	Documentação Final do Sistema							X

O *hardware* utilizado para o desenvolvimento do ambiente de simulação foi um computador Pentium 4 2.8Ghz, 1Gb de Ram.

- Os *softwares* utilizados no desenvolvimento do projeto foram:
- Para modelagem utilizou-se o Rational Rose 2000®;
- Para programação utilizou-se Borland C++ Builder 5.0®;
- ambiente em que foi realizado o trabalho foi Microsoft Windows XP®;
- Para entrada e saída de dados utilizou-se a própria interface do ambiente de simulação e planilha do Microsoft Excel®.

3.3 Formulação do Modelo Conceitual

O objetivo desta etapa foi traduzir o modelo conceitual num modelo computacional, que representasse o sistema real de forma simplificada e válida. Foram definidos nesta etapa os componentes e descritas as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema.

Conforme Booch *et al.* (2000), existem várias maneiras de se definir um modelo. As duas maneiras mais comuns são provenientes da perspectiva de um algoritmo ou da perspectiva orientada a objetos.

Neste trabalho utilizou-se a modelagem orientada a objeto (MOO). Utilizou-se o método da UML para modelagem devido seu potencial na representação visual do sistema orientado a objeto e devido a partir do modelo da linguagem UML gera-se um código na linguagem de programação C++.

Segundo Rosseti *et al.* (2000), a UML é uma linguagem de modelagem para representação conceitual e física de sistemas orientados a objeto. A UML pode ser usada para modelar simulações, sistemas de informação, sistemas em tempo real, dentre outros. Complementam Rosseti e Chan (2003) dizendo que, a UML é utilizada como padrão para modelagem orientada a objeto no desenvolvimento de *softwares* e na modelagem de sistemas gerais.



3.4 Coleta de Informações e Dados

De acordo com Blau e Scott (1979), existem três formas básicas de obter dados acerca de determinado fenômeno: observando-o, fazendo perguntas às pessoas direta ou indiretamente envolvidas e examinando elementos documentais escritos. A cada um destes procedimentos corresponde uma categoria de técnicas de pesquisa: a observação, a entrevista e a análise documental. Uma pesquisa científica pode valer-se de apenas uma ou da combinação destas três técnicas. Além disso, acrescentam os autores, cada uma das técnicas pode ser empregada, em vista dos propósitos almejados, com maior ou menor profundidade.

Neste trabalho foi utilizada a técnica da análise documental. Os dados e informações relacionados à lógica de funcionamento do gerenciamento do inventário do CDP em estudo foram coletados em forma de documentos escritos. Algumas informações e dados secundários foram solicitados durante o desenvolvimento do ambiente de simulação também em forma de documentos escritos.

O CDP em estudo forneceu dados de 1.000 peças para a realização desse trabalho, devido à política de privacidade de dados da empresa. A quantidade de peças (1.000 peças) foi representativa para verificação e validação do ambiente de simulação devido contemplar todas as possíveis características do inventário do CDP.

3.5 Tradução do Modelo

A etapa de tradução do modelo contemplou a escolha da ferramenta de simulação e a codificação do modelo. Segundo Bowden (1998), quando se seleciona uma ferramenta (*software*) de simulação é importante considerar o nível de detalhes suportado pela ferramenta e a facilidade do uso. Law e Kelton (2000) complementam dizendo que a escolha da ferramenta de simulação, está diretamente relacionada com o trade-off entre flexibilidade e especialização do usuário.

A linguagem de programação foi a ferramenta escolhida para o desenvolvimento do ambiente de simulação devido ao fato de atender o nível de detalhamento necessário para representar o gerenciamento do inventário em estudo, considerando os limites de tempo de desenvolvimento, recursos financeiros e esforços de programação. A linguagem de programação escolhida foi a C++ para Windows®.

A linguagem de programação C++ para Windows® foi adotada, pois permite a programação orientada a objeto, guarda as características de baixo nível que consagrou a linguagem C e possui a biblioteca OWL (*Object Windows Library*) que simplifica o processo de comunicação de mensagens do Windows, permitindo implementar uma interface com usuário neste ambiente. A linguagem C++ oferece a oportunidade de melhorar a produtividade de construção e manutenção do programa em função da possibilidade de reutilização de código.

3.6 Verificação e Validação do Modelo

Na etapa de verificação o objetivo principal foi confirmar se o modelo estava operando de acordo com a intenção do responsável pelo inventário, sem erros de sintaxe e lógica, além de garantir que os resultados por ele fornecidos sejam confiáveis e representativos do sistema real. De acordo com Sargent (1998), a verificação do modelo assegura que o programa computacional e a implementação do modelo conceitual estão corretos.

Na verificação fez-se uso das técnicas mais comuns utilizadas para identificação de problemas com programas computacionais, que são: a verificação por partes e o teste por



parâmetros.

A verificação por partes foi amplamente utilizada como forma de rastreamento e refinamento progressivo do modelo. Ela ocorreu durante a construção do modelo e, a cada parte construída, o modelo foi testado contra erros com o intuito de evitar a etapa posterior de correção do modelo como um todo. O teste por parâmetros consistiu na execução da simulação através da variação dos parâmetros de entrada, verificando se os resultados obtidos apresentam um comportamento razoável.

Conforme Law e Kelton (2000), a validação do modelo de simulação consiste em assegurar que este representa o sistema real. O objetivo é o de verificar se o comportamento do modelo computacional construído está representando adequadamente o sistema.

A validação do ambiente de simulação foi realizada de duas formas: pela comparação das saídas do modelo e do sistema real ou pela análise de especialistas. O ambiente de simulação foi validado por especialistas com profundos conhecimentos acerca do sistema gerencial de inventário do CDP.

3.7 Experimentação

Nesta etapa foram definidos os cenários a serem testados no ambiente de simulação. A familiarização com o ambiente de simulação e o entendimento da influência das variáveis no comportamento do sistema foi alcançada através da alteração de alguns dados de entrada e observação dos indicadores gerenciais de saída do ambiente de simulação.

Para permitir uma boa qualidade da análise dos resultados, cada cenário testado foi cuidadosamente documentado. Os dados de entrada e de saída foram organizados em forma de tabelas e armazenados em uma base de dados para posterior análise.

Para cada cenário foram avaliados parâmetros de entradas como: horizonte de simulação, mês atual de início da simulação, taxa do dólar no início da simulação, cota anual de *Scrap*, a forma de determinar o *Scrap* (peso ou custo), índice de excesso sem demanda, dentre outros.

Foram desenvolvidos três cenários com diferentes dados de entrada e horizonte de simulação. A quantidade de peças simuladas foi a mesma para os três cenários (1.000 peças).

3.8 Análise e Interpretação dos Resultados

O objetivo desta etapa foi traçar inferências sobre os resultados alcançados pela simulação dos três diferentes cenários. A partir dos resultados obtidos na simulação tiraram-se conclusões sobre o sistema real modelado. A análise de resultados foi uma etapa crítica no desenvolvimento do ambiente de simulação e pressupôs um entendimento aprofundado dos experimentos e seus significados para o sistema real.

Esta fase contemplou a análise dos indicadores do inventário que foram projetados a partir das variações dos parâmetros de entrada e do horizonte de simulação dos três cenários. A análise de resultados teve início com a interpretação dos resultados, seguido pela fase de identificação de oportunidades de melhorias no sistema e, por fim, o registro e documentação das conclusões.

Os três cenários simulados apresentaram resultados condizentes com o sistema real. O horizonte de simulação não influenciou nos resultados finais, ou seja, para o ambiente de simulação não importa a quantidade de meses que se está simulando, mas sim os parâmetros de entrada.



3.9 Documentação

A documentação foi realizada de duas formas: no próprio ambiente de simulação e em um relatório de progresso.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi documentada cada versão do ambiente de simulação de acordo com o seu desenvolvimento e no próprio ambiente de simulação comentou-se todas as atividades, para permitir o rápido e claro entendimento por outros usuários não familiarizados com o programa. Simultaneamente ao desenvolvimento do ambiente foi criado um relatório com a descrição das atividades, fluxos, diagramas e a lógica do ambiente de simulação. Neste relatório também estava a cronologia do trabalho e as principais decisões tomadas.

A documentação do ambiente de simulação foi realizada com dois objetivos principais que são:

- Primeiro para servir como um guia para que alguém, familiarizado ou não com o ambiente de simulação e com os experimentos realizados, possa fazer uso do mesmo e dos resultados já produzidos;
- Segundo, porque se forem necessárias futuras modificações no ambiente de simulação, toda a documentação existente vem a facilitar bastante os novos trabalhos.

Devido a facilidade de modificação do ambiente de simulação, por pessoas alheias ao processo, que podem involuntariamente (ou não) alterar a configuração do ambiente de simulação, instalou-se senha de acesso ao ambiente e senha de acesso ao arquivo fonte do ambiente de simulação.

4. Considerações Finais

Este trabalho mostrou o desenvolvimento de uma ferramenta com o objetivo de interagir com os dados e variáveis de um inventário, de forma flexível sem agredir a integridade dos dados originais, para fazer simulações da previsão de demanda, da política de reposição das peças, do percentual de atendimento dos pedidos completos, do valor do inventário, da quantidade de *Scrap* e da quantidade de peças para devolução.

A importância desse trabalho foi demonstrada na adaptação da metodologia de Freitas (2001) e no desenvolvimento propriamente dito do ambiente de simulação. O ambiente de simulação construído foi considerado verificado e validado para a representação do sistema real. No âmbito do inventário, a proposta deste trabalho foi limitada em alguns indicadores de gerenciamento de inventário de acordo com sua utilização no sistema real do CDP em estudo.

Algumas vantagens do uso do ambiente de simulação de inventário para o CDP em estudo são:

- A possibilidade de avaliar diferentes políticas gerenciais do inventário do CDP sem impactar ou interromper os processos em andamento no mundo real, o que poderia produzir custos adicionais significativos;
- A possibilidade de comprimir o tempo, permitindo aos responsáveis pelo inventário conhecer em pouco tempo, as conseqüências de longo prazo de suas ações;
- A possibilidade de melhor entender o funcionamento dos processos gerenciais do inventário do CDP individualmente, assim como suas influências sobre o sistema como um todo;
- A utilização de interfaces simples e amigáveis que permitem a manipulação dos dados



de entrada e saída e a realização da simulação facilmente e eficazmente;

- A observação da importância de cada peça do inventário, assim como a sinalização de quando a peça deve ser descontinuada ou devolvida ao fornecedor;
- A possibilidade de melhor avaliar o desempenho do gerenciamento do inventário.

Referências

BANKS, J. *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice*. New York: John Wiley & Sons, 1998.

BANKS, J.; CARLSON, J. S.; NELSON, B. L. *Discrete-event system simulation*. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.

BERTRAND, J. W. M; FRANSOO, J. C. Modeling and simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, v.22, n.2, p.241-264, 2002.

BLAU, P. M; SCOTT, W. R. *Organizações Formais*. São Paulo: Atlas, 1979.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *UML - Guia do usuário*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

BOWDEN, R. The spectrum of simulation software. *IIE Solutions*, v.30, n.5, p.44-46, 1998.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001.

BREWER, A.M.; BUTTON, K. J.; HENSHER, D. A. *Handbook of logistics and supply-chain management*. Kidlington: Elsevier Science Ltd, 2001.

CARSON II, J, S. *Introduction to modeling and simulation*. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, p.01-08, 2004.

CENTENO, M. A.; CARRILLO, M. *Challenges of introducing simulation as a decision making tool*. Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, p.17-21, 2001.

COX III, J. F.; BLACKSTONE JUNIOR, J. H. *APICS Dictionary*. 9.ed. Falls Church: American Production and Inventory Control Society, 2002.

DEAR, A. *Inventory management demystified*. London: Chapman and Hall, 1990.

FARAH JUNIOR, M. Os desafios da logística e os centros de distribuição física. *Revista FAE BUSINESS*, n.2, p.44-46, 2002.

FRAZELLE, E. *World-class warehousing and material handling*. New York: McGraw-Hill, 2002.

FORGATY, D. W.; BLACSTONE, J.H.; HOFFMANN, T. R. *Production & inventory management*. Cincinnati: South Western Publishing Co, 1991.

FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicação em Arena*. Florianópolis: Visual Books, 2001.

GAITHER, N.; FRAIZER, G. *Administração da produção e operações*. 8.ed. São Paulo: Pioneira, 2002.

HARREL, C.; TUMAY, K. *Simulation made easy*. IIE Solutions, p.39-41, July, 1997.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, STURROCK, D. T. *Simulation with arena*. New York: WCB/McGraw Hill, 1998.

KRAJEWSKI, L. J; RITZMAN, L. P. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

MULCAHY, D. E. *Warehouse distribution & operations handbook*. New York: McGraw-Hill, 1994.

PRITSKER, A. A. B. *Introduction to simulation and SLAM II*. New York : John Wiley & Sons, 1986.

RODRIGUES, G. G; PIZZOLATO, N. D. *Centros de Distribuição: armazenagem estratégica*. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto-Minas Gerais, p.01-08, 2003.



ROSSETI, M. D. *et al.* *Simfone: an object-oriented simulation framework*. In: Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. P.1855-1864, 2000.

ROSSETI, M.D; Chan, H.T. *A prototype object-oriented supply chain simulation framework*. In: Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference. P.1612-1620, 2003.

SARGENT, R.G. Verification and validation of simulation models. In: Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. P.121-130, 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1997.

SHANNON, R. E. *Introduction to the art and science of simulation*. In: Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. p. 07-14, 1998.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; TANCHOCO, J. M. A. *Facilities planning*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

TUBINO, D. F. *Manual de Planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 2000.

VAN DEN BERG, J. P.; ZIJM, W. H.M. Models for warehouse management: classification and examples. *International Journal of Production Economics*. n.59, p.519-528, 1999.

Agradecimentos

À CAPES pelo apoio no desenvolvimento do trabalho concernente.