

TIAGO TACIANO PEREIRA MONTEIRO

**SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO NA OTIMIZAÇÃO DE
GERENCIAMENTO DE ARMAZÉNS**

Monografia do curso de pós-graduação lato sensu
MBIS - Master Business Information Systems
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de
São Paulo para a obtenção do título de
especialista.

São Paulo

2010

TIAGO TACIANO PEREIRA MONTEIRO

**SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO NA OTIMIZAÇÃO DE
GERENCIAMENTO DE ARMAZÉNS**

Monografia apresentada à Pontifícia Universidade
Católica de São Paulo para a obtenção do título de
especialista.

Orientador:
Prof. Fernando Perez de Britto

São Paulo

2010

Agradecimentos

Agradeço especialmente à minha esposa Andreia e meu filho Yuri por terem compartilhado a aridez recíproca da ausência numa fase importante da nossa família. Agradeço à Mclane do Brasil pela política de incentivo aos programas educacionais e, por fim, à turma do MBIS 2009, as amizades iniciadas que estão rendendo novos projetos.

Epígrafe

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a Terra, sua mãe.”

Leonardo da Vinci

FICHA CATALOGRÁFICA

Aluno, Monteiro, Tiago Taciano P.

Sistema de Suporte à Decisão na Otimização de Gerenciamento de Armazéns. São Paulo, 2006. 127p.

Monografia programa de pós-graduação MBIS – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Departamento de Computação.

Palavras Chaves: 1. WMS. 2. Tarefas 3. Sistemas Especialistas.

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Departamento de Computação.

Resumo

O objetivo principal desta monografia é apresentar um diferencial produtivo na tomada de decisões para execução de tarefas criadas por um sistema de gerenciamento de armazéns (WMS). Hoje no mercado de softwares há muitas opções de WMS para geração e controle das tarefas de armazenagem, expedição e inventário. A proposta deste trabalho é apresentar modelos matemáticos e computacionais (sistemas especialistas) para que este apresente aos usuários de WMS as melhores opções para liberação de serviços, de forma que otimize os funcionários, os equipamentos e o tempo de agenda das transportadoras e dos clientes finais.

Quando há interfaces que conduzem às informações precisas dos funcionários disponíveis, equipamentos, carteira de pedidos e os horários de carga e descarga; os sistemas especialistas possibilitam apontar as melhores tarefas que devam ser priorizadas para que se otimizem todos os recursos em função dos horários estabelecidos para conclusão dos mesmos. Desta forma, a aplicação deste modelo de sistema implicará em redução de custos, otimização de recursos e satisfação dos elos da cadeia logística em função de cumprimento de agendas estabelecidas.

Palavras chaves: 1. WMS. 2. Tarefas 3. Sistemas Especialistas 4. Otimização 5. Suporte à Decisão

Abstract

The primary goal of this monograph is presenting a productive differential in decision-making for performing tasks created by a Warehouse Management System (WMS). There are many WMS options for dispatch, inventory, generation and control of storage tasks in software market nowadays. The proposal of this work is to introduce mathematical models (expert systems) so that this presents to WMS users the best options for service release in order to optimize staff, equipment and agenda for carriers and final costumers.

When there are interfaces that lead to accurate information about available employees, equipment, request portfolios and timetable of loading and unloading, the use of expert systems can help to point the best tasks that must be prioritized to optimize all resources according to the timetable set for complete them. This way, the application of this system model can enable to reduce costs, optimize resources and the satisfaction of the logistics chain links in order to fulfill established schedules.

Keywords: 1- WMS 2- Tasks 3- Expert Systems 4. Optimization 5. Decision Support

Sumário

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE ABREVIATURAS	2
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Objetivos	3
1.2 Justificativa	3
1.3 Metodologia	3
1.4 Motivação.....	4
2 HISTÓRIA DA LOGÍSTICA	6
2.1 Evolução da Logística	6
2.2 Operadores Logísticos.....	10
2.3 Tecnologia no setor logístico	12
2.3.1 Rádio Frequência	13
2.3.2 EDI.....	13
2.3.3 WMS.....	14
2.4 Tarefas Logísticas	15
3 PROGRAMAÇÃO POR RESTRIÇÃO	19
3.1 Introdução	19
3.2 Desenvolvimento Histórico.....	19
3.3 Conceito da PLR	21
3.4 Descrevendo o Problema.....	26
4 APLICABILIDADE DA SOLUÇÃO	33
4.1 Cenário Atual	33
4.2 Qualidade e Custos.....	34
4.3 Resultados Esperados.....	37
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5.1 Trabalhos Futuros	39
BIBLIOGRAFIA	40
GLOSSÁRIO	44

Lista de Figuras

Figura 1 – Ciclo Evolutivo da Logística

Figura 2 - A evolução dos prestadores de serviços logísticos

Figura 3 – As restrições das tarefas para geração de serviços

Figura 4 – Grupo de Restrições

Figura 5 – Análise Restritiva de Atividades

Figura 6 - Projeção de Execução de Atividades

Figura 7 - Projeção de Execução de Atividades – Exemplo 2

Figura 8 - Projeção de Execução de Atividades – Exemplo 3

Figura 9 - Interfaces dinâmicas entre diferentes plataformas de dados

Lista de Abreviaturas

RF: Rádio Frequência

EDI: Eletronic Data Interchange

WMS: Warehouse Management System

ERP: Enterprise Resource Planning

PLR: Constraint Logic Programming

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O propósito deste trabalho é apresentar uma solução sistêmica para facilitar as decisões dos usuários de WMS. Os sistemas de gerenciamento de armazéns controlam os pedidos, as entradas e saídas de mercadorias, as contagens e as transferências. Porém, na particularidade de cada operação, tem-se o número de funcionários, os equipamentos disponíveis para cada tipo de operação, a carteira agendada de carga e descarga, os horários estabelecidos com as transportadoras e demais detalhes.

É justamente nestas particularidades, onde uma ferramenta como um WMS não oferece solução, que este trabalho vem propor a utilização de um modelo sistêmico elaborado a partir de programação por restrições para trabalhar estas informações em prol das melhores decisões dos operadores de WMS.

1.2 Justificativa

Quando percebi que o processo de tomada decisão sobre todas as atividades nos armazéns eram tomadas a partir da experiência dos funcionários, mesmo após a informatização dos processos, vislumbrei a possibilidade de buscar uma solução tecnológica para oferecer tomadas de decisões lógicas, baseadas em todas as informações disponíveis, de forma a otimizar o resultado operacional a partir das melhores escolhas.

1.3 Metodologia

Partindo-se do conceito estabelecido por Cervo & Bervian (2002) sobre as pesquisas qualitativas, onde afirma que nestas pesquisas a preocupação não está em numerar ou

medir o problema estudado, mas sim identifica-los; foi desenvolvido um estudo onde abordo as variáveis intrínsecas da gestão de armazéns.

Segundo Santos & Parra (1999), este tipo de pesquisa evidencia a habilidade do pesquisador em ir além das demais pessoas para identificar eventos sob sua óptica.

Lakatos & Marconi (2001) divide a pesquisa em dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios de investigação. Quanto aos fins a pesquisa pode ser: Explicativa, Exploratória, Descritiva, Metodológica, Aplicada e Intervencionista. Quanto aos meios de investigação pode ser: Pesquisa de Campo, Pesquisa de Laboratório, Documental, Bibliográfica, Experimental, Ex post facto, Participante, Pesquisa-Ação e Estudo de Caso.

Gil (2002) define os estudos exploratórios como aqueles com finalidade de formular um problema a fim de realizar uma pesquisa mais profunda com elaboração de hipóteses. Também destaca que o levantamento pode ser provisório, possibilitando uma pesquisa mais detalhada posteriormente.

Desta forma, este estudo monográfico apresenta uma pesquisa bibliográfica, exploratória e qualitativa.

1.4 Motivação

Atuo desde a minha formação e meu ingresso no mercado de trabalho na área logística e na área de tecnologia da informação, portanto na prática sempre mesclei estes dois campos e, de certa forma, vivenciei o forte crescimento de ambos na última década. Agora tenho a oportunidade de elaborar uma pesquisa para desenvolver esta monografia, e não haveria melhor tema do que este, pois me possibilita buscar as verdades destas duas áreas. Buscar ganhos de produtividade nos serviços logísticos através de ferramentas sistêmicas é aprimorar um esforço iniciado alguns anos atrás pelas indústrias de softwares e profissionais do setor logístico.

Minha motivação então passa a ser o aprimoramento das soluções tecnológicas disponíveis hoje para uso nos processos logísticos, de forma que os resultados

reflitam o desejo de nós, profissionais do setor, de atingir a satisfação dos clientes utilizando de forma ótima nossos recursos.

2 HISTÓRIA DA LOGÍSTICA

2.1 Evolução da Logística

Buscar produtividade através de redução de custos, investimento em qualidade, recursos humanos, *benchmarking* e demais técnicas de gestão praticadas atualmente é um exercício comum das empresas. A área da logística, fundamental nas estratégias das corporações, vem sofrendo fortes mudanças nas últimas décadas por ser apontada justamente como o setor que proporciona o diferencial competitivo das organizações. Segundo FARIA e COSTA (2008):

Em um contexto altamente competitivo, com pressões em níveis mundiais, em que o ambiente, assim como os processos empresariais, vêm passando por grandes transformações, a Logística é um conceito em constante evolução, atrelado a busca de ganhos de competitividade e níveis de custos reduzidos, em função do desafio global e da necessidade de agir de modo rápido, frente às alterações ambientais.

Mas este papel da logística é recente, algumas décadas atrás as organizações não consideravam em suas estratégias esta área, conforme destaca FARIA e COSTA: “a Logística era, essencialmente, considerada em seu clássico papel de suporte operacional e de marketing, exercendo funções de transportar, armazenar e disponibilizar bens para os processos de transformação e consumo.”

Os primeiros relatos de logística estão associados com as atividades do exército norte-americano, de forma a designar a arte do transporte, distribuição e suprimento das tropas em operação. A palavra Logística vem do grego “Logistikos” e significa cálculo e raciocínio matemático. O conceito atual, segundo o Conselho dos Profissionais de Gestão da Cadeia de Suprimentos (2005):

Logística é a parte do processo da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla, de forma eficiente e eficaz, a expedição, o fluxo reverso e a armazenagem de bens e serviços, assim como o fluxo de informações relacionadas, entre o ponto de origem e o ponto de consumo, com o propósito de atender às necessidades dos clientes.

Outra conceituação bastante conhecida foi sugerida por Christopher (1997, p.2):

A Logística é o processo de gerenciar, estrategicamente, a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) por meio da organização e seus canais de marketing de modo a poder maximizar as lucratividades, presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.

Desde a década de 60, tendo como base as operações militares do exército norte-americano, que estudos e pesquisas sobre as atividades de distribuição e armazenagem são aprimorados, mostrando forte evolução. Uma análise cronológica aponta que do início, onde a preocupação estava centrada em transporte e armazenagem, até hoje, onde já está difundido o conceito de gestão da cadeia de suprimentos, a logística passou por incessantes mudanças, conforme FARIA e COSTA (2008) define a seguir:

- a) Até 1950, o foco da maioria das empresas estava nas atividades de Marketing e as funções logísticas estavam dispersas entre os diversos departamentos das empresas.*
- b) De 1950 a 1960, algumas empresas passaram a criar cargos específicos para controlar fluxo de materiais e transportes.*
- c) Entre 1960 e 1970 houve uma forte absorção por parte das empresas do conceito de balanceamento de custos, frente a influência dos fatores econômicos de mercado, a evolução dos computadores e de pesquisas acadêmicas a respeito do tema.*
- d) Já de 1970 a 1980 houve uma grande preocupação em integrar todas as áreas da empresa em torno de um objetivo comum, visando a ocupar uma posição de distinção no mercado, por intermédio de uma estrutura de armazenagem e distribuição eficiente que trouxesse redução de custos, otimização de tempo e espaço, com foco em proporcionar maior satisfação ao cliente.*
- e) O estágio atual, que se iniciou em 1980, vindo até os dias de hoje, caracterizou a logística pela importância dada à integração externa, ou seja, entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos. Podem-se destacar o grande desenvolvimento dos sistemas de informações e a disseminação do conceito de Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management – SPM)*

Esta segmentação cronológica da evolução da logística também é definida por NOVAES (2004). Segundo o autor, são quatro fases distintas desde o período da segunda guerra. A primeira fase era caracterizada pelo estoque balanceado em todos os níveis da cadeia de produção, onerando toda a cadeia com elevado custos. A segunda fase já apresentava uma maior diversificação dos produtos que, atrelada à

crise do petróleo de 1970, forçou as empresas a buscarem soluções multi-modais para distribuição da produção. Apesar da tendência de melhoria nos processos logísticos, as empresas apresentam alto grau de rigidez para adequações de curto-prazo. NOVAES (2004) caracteriza esta segunda fase como: “Uma busca inicial da racionalização integrada da cadeia de suprimentos, mais ainda muito rígida, pois não permitia a correção dinâmica, real time, do planejamento a longo do tempo.”

A terceira fase apresenta a evolução da informática como grande propulsor das mudanças nos elos da cadeia de suprimentos. A troca de arquivos que antes era manual passa a ser eletrônica (EDI), dinamizando as integrações de todos os setores da cadeia. Duas importantes mudanças são identificadas nesta fase: a satisfação dos clientes, incluindo os próprios colaboradores das corporações, e a redução dos estoques. Para NOVAES (2004): “O desenvolvimento da informática possibilitou, na terceira fase de evolução da logística, uma integração dinâmica, de conseqüências importantes na agilização da cadeia de suprimentos.”

A quarta e atual fase concede a logística o status de política estratégica das corporações, com ambição para criação de novos valores, forte busca pela inovação tecnológica e constantes melhorias para redução de custos, tudo em prol da competitividade.

CICLO EVOLUTIVO DA LOGÍSTICA

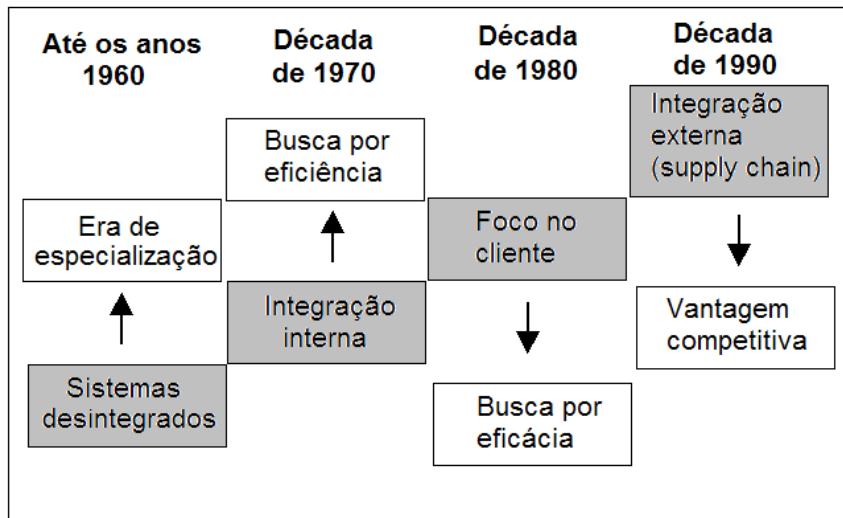


Figura 1: Ciclo Evolutivo da Logística (Gestão de Logística, Distribuição e Trade Marketing, (in Arbache et all, 2006, p.77))

Segundo ARBACHE (2006), a era de serviços, para onde estamos evoluindo, será caracterizada pela entrega de benefícios aos clientes, e não produtos. NOVAES (2004), que corrobora com o primeiro autor, incrementa que a logística passará a ser o grande diferencial, de cunho estratégico, para as corporações sobreviverem no mercado.

NOVAES (2004) vai além e diz que, nesta quarta fase, as empresas, para garantir tempos de entrega cada vez menores com custos da cadeia reduzidos, lançam mão da tecnologia da informação para buscarem atingir a satisfação dos clientes neste cenário cada vez mais competitivo. Uma definição atual da importância do cliente nos processos logísticos vem do fórum internacional de *Supply Chain Management*, realizado na *Ohio State University*: “SCM é a integração dos processos industriais e comerciais partindo do consumidor final e indo até os fornecedores iniciais, gerando produtos, serviços e informações que agregam valor ao cliente.” A importância da tecnologia da informação na evolução da logística será detalhada mais a frente.

2.2 Operadores Logísticos

Entende-se que a logística inicia no momento da compra da matéria-prima e termina quando o produto acabado é adquirido pelo consumidor final. Para gerir todos estes processos com as premissas de redução de custos, ganhos de escala, produtividade e satisfação dos clientes, fica evidente que desdobrar estes elos é o caminho para alcançar os objetivos. Desta forma podemos separar uma parte da logística onde marcamos seu início quando produto acabado sai da linha de produção e este mesmo produto é entregue para seu comprador, sendo ele final ou atravessador.

Este elo mais curto tem sido terceirizado pelas indústrias, com o intuito de centrar suas ações em seus negócios principais, conforme destaca NOVAES (2006). Segundo este autor, um ponto relevante é a estratégia das empresas em focar cada vez mais sua *core competence*, terceirizando as atividades com parceiros especialistas. Mas há casos onde a indústria terceiriza todo o processo logístico, desde a compra da matéria prima até a entrega final do produto acabado:

Com estas terceirizações, a empresa produtora pode focar sua atenção nas áreas de sua vocação (comprar, produzir, transformar ou vender), certa de que as etapas como coleta de matéria-prima, suprimento de produção, gestão de estoques e entrega do produto acabado ao cliente final, serão cumpridos e que o nível de serviço será mantido (PAZ, 2004).

Já BALLOU (2006) destaca a importância da afinidade entre a indústria e os parceiros logísticos:

Uma aliança logística é baseada na confiança, em um compartilhamento de informação que facilite o desempenho logístico, em objetivos específicos para atingir um nível de desempenho logístico melhor do que aquele viável de ser alcançado independentemente, em regras operacionais para cada um dos sócios e em provisões de saídas relativas a um eventual encerramento da aliança.

Este autor ainda afirma que a decisão de partir para a contratação de um operador logístico deve levar em conta o quão é importante para a empresa seus processos logísticos e qual é a sua capacidade para gerir estas atividades.

Com esta tendência das indústrias de buscarem parceiros logísticos almejando vantagem competitiva, houve uma rápida expansão no número destes prestadores no mercado, além disso, o acirramento deste segmento proporcionou avanços no setor, de âmbito tecnológico e operacional. Um resultado imediato deste crescimento foi a segmentação do setor, que apresenta prestadores de serviços simples até grandes integradores logísticos. LIMA (2004) diz que o que diferencia um prestador de serviço logístico de um operador logístico é o fato deste último oferecer um número maior de atividades logísticas coordenadas. Já o integrador logístico é um gestor de toda a operação logística de uma indústria, coordenando as vezes diferentes operadores logísticos em prol dos resultados esperados do contratante.

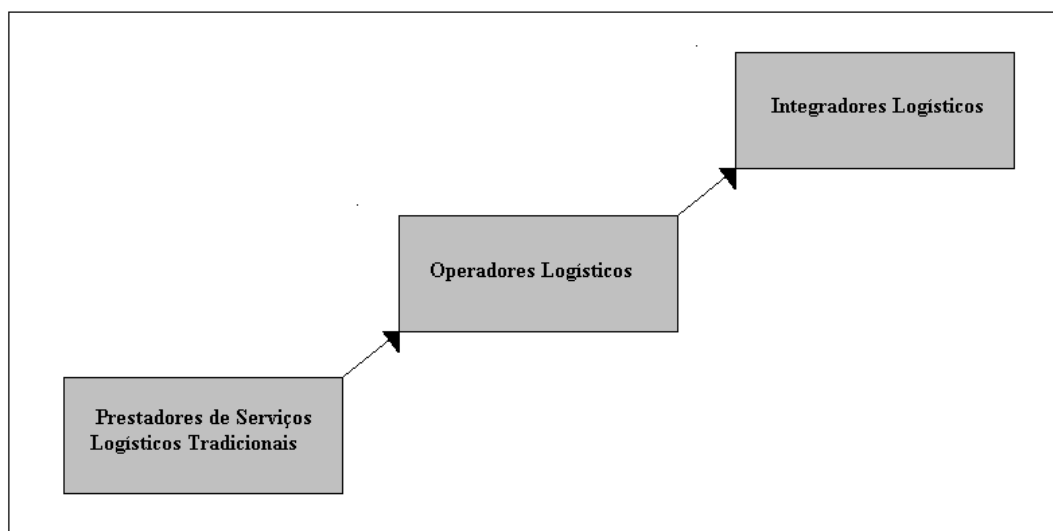


Figura 2: A evolução dos prestadores de serviços logísticos (LIMA, 2004)

Dentre várias atividades importantes desempenhadas por operadores logísticos, vale ressaltar o controle de estoque, armazenagem e gestão de transportes como as mais importantes. (ABML, 1999). Já com um detalhamento maior das atividades, NOVAES (2001) lista transporte, inclusive internacional; armazenagem de produtos; manipulação de produtos, incluindo embalagem e composição de kits; operações industriais, como montagem final do produto, teste de qualidade; operações comerciais, como pagamentos, tratamentos de pedidos; serviços de cunho informacional, como rastreamento de veículos e consultoria em engenharia e administração logística.

Os operadores logísticos são classificados, conforme descreve FLEURY (1999), como baseados em ativos e baseados em informação e gestão. Portanto são baseados em ativos aqueles com estrutura de transportes própria e estrutura de armazenagem. Já os baseados em informação e gestão são aqueles com têm o *Know-how* logístico, utilizando estrutura de terceiros para oferecer seus serviços. Há também os operadores híbridos, que utilizam estrutura própria e de terceiros.

2.3 Tecnologia no setor logístico

Desde a consolidação da logística nas estratégias das empresas e a expansão do segmento de operadores logísticos, tanto a indústria quanto os prestadores de serviços tem lançado mão cada vez mais de diversas tecnologias no setor para garantir ganhos de produtividade. Do lado operacional as inovações acontecem nas estruturas de acondicionamento dos produtos, nas construções dos centros de distribuições, nos equipamentos de movimentação de produtos, nas plataformas de embarque, entre outros. Do lado da informática, os avanços são significativos, com a disponibilidade da tecnologia de leitores de códigos de barras, coberturas de sinais *wireless* para comunicação por rádio frequência, intercâmbio eletrônico de dados (EDI) e sistemas de gestão de ponta. FARIA e COSTA destaca que a tecnologia de informação é uma importante fonte de melhoria de produtividade e competitividade.

Cada vez mais utilizadas pelas empresas a fim de reduzir custos operacionais e garantir melhores resultados econômicos. Uma contribuição expressiva proporcionada pelo ambiente informatizado é a maior disponibilidade de informações sobre os processos e a possibilidade de analisá-los com diversas ferramentas. A seguir, vamos analisar os avanços na área de tecnologia da informação nos processos logísticos.

2.3.1 Rádio Frequência

Eliminar a impressão de romaneios ou mapas de separação ou mapas que, além do custo de impressão demandava tempo tanto para imprimir quanto para lançar os dados após a execução das tarefas. Esta foi a grande transformação que ocorreu nos centros de distribuição com a chegada da tecnologia de rádio frequência. Possibilitou que os colaboradores, através do manuseio dos coletores de dados, recebessem as ordens do que deveria ser separado ou armazenado sem a necessidade de deslocamento até uma ilha administrativa, proporcionando ganhos de tempo também com o *input* de dados em tempo real nos sistemas. Além disso, os colaboradores passaram a dar acuracidade aos dados relativos ao tempo de execução das tarefas, com o controle de início e fim das mesmas, garantindo preciosas informações gerenciais. Segundo SUCUPIRA (2002), o uso de coletores de dados e a comunicação *on line* por rádio frequência garantiram velocidade nas transações de estoque, com alto grau de certeza, evitando erros na operação e atendendo os clientes em prazos mais curtos. Ainda destacou que a comunicação via RF entre vários pontos de um armazém, com coletores capazes que executarem leituras de códigos de barras, são hoje requisitos fundamentais para qualquer operação.

2.3.2 EDI

Outro importante avanço na tecnologia da informação que proporcionou resultados satisfatórios da logística empresarial foi a implementação das trocas de dados eletrônica (EDI) entre indústrias, operadores e clientes, permitindo que este elo usufrísse com agilidade das informações de um determinado processo. Além da agilidade no processamento das informações, o EDI minimiza erros de digitação, conseqüentemente, problemas de inventário. Outro destaque é o acompanhamento via *web* de determinado processo, garantindo clareza nas atividades logísticas, que passam a ser acompanhadas pelos contratantes e pelos clientes finais. Na concepção de BALLOU (2001):

“O fluxo de informações é um elemento de grande importância nas operações logísticas. Pedidos de clientes e de ressuprimento, necessidade de estoque, movimentações nos armazéns,

documentação de transportes e faturas são algumas das formas mais comuns de informações logísticas.”

Segundo FARIA e COSTA, um processo ineficiente de troca de informações entre as empresas pode comprometer os resultados de suas operações. Deve-se promover o sincronismo dos dados entre os elos da cadeia de suprimentos.

2.3.3 WMS

O software de gestão de armazéns ou *Warehouse Management System* (WMS) pode ser considerado a maior ferramenta de tecnologia de informação na logística. Originou-se a partir das melhorias de gestão de controle de estoque implementadas no WCS (*Warehouse Control System*), software da década de 70. Nas últimas décadas este software vem sofrendo grandes alterações, com incremento de diversas funcionalidades, desde o controle do recebimento e processamento dos EDI até a comunicação em tempo real com os coletores de dados, ficando responsável pela eficácia de todos os processos do armazém.

BARROS (2005) define WMS como um sistema de gestão de armazéns que otimiza todas as atividades operacionais (fluxo de materiais) e administrativas (fluxo de informações) dentro do processo de armazenagem, incluindo atividades como: recebimento, inspeção, endereçamento, armazenagem, separação, embalagem, carregamento, expedição, emissão de documentos e controle de inventário.

Para SUCUPIRA (2002), os objetivos básicos de um WMS são:

1. Aumentar a precisão das informações de estoque.
2. Aumentar a velocidade e a qualidade das operações do centro de distribuição.
3. Aumentar a produtividade do pessoal e dos equipamentos do armazém.

Hoje há no mercado um grande número de softwares de gestão de armazéns, contudo se deve notar que algumas características são desejáveis e se espera que sejam comuns em todos eles. Fácil aderência na acoplagem com *ERP* (*Enterprise Resource Planning*); administrar múltiplos locais de estoque e estoques de diferentes

proprietários; sistema de coleta de dados por rádio frequência; convocação ativa (dispara um aviso sonoro nos coletores de dados para que os colaboradores comecem a executar as tarefas); rastreabilidade das informações (permite identificar todos os processos de determinado produto desde a chegada no CD até a expedição do mesmo); inventários físicos e rotativos; planejamento e controle das atividades; cadastro de produtos com detalhamento de características logísticas (família de produto, local de armazenagem, controle de datas, quarentena, cubagem, etc); controle de lotes; separação de pedidos com parametrização (agrupamento); interfaceamento com clientes e fornecedores (EDI); controle de rotas e carregamento de veículos; otimização de espaços.

2.4 Tarefas Logísticas

Para seguirmos com conceitos logísticos e entrarmos no âmbito dos sistemas especialistas de tomada de decisão, precisarei definir uma nomenclatura para as tarefas que são executadas em um centro de distribuição, através do controle de um WMS. Como não encontrei uma bibliografia acerca destas definições, vou conceituá-las embasado na minha experiência na área de logística, onde atuo a nove anos, passando por centros de distribuição do varejo, atacado e indústria; além de consultoria sistêmica que me proporcionou visitas em vários modelos de armazém do país.

Em cada centro de distribuição há, indispensavelmente, uma nomenclatura própria para as tarefas logísticas. O que num armazém é “*picking*”, em outro é “compra” e “apanha” num terceiro. Assim acontece na designação de ressuprimento, guarda de mercadoria e demais tarefas. Vou adotar como regra para nomear estas atividades a incidência dos termos, segundo minha experiência; e a propriedade do termo, segundo sua definição gramatical (vou traduzir os termos para o português).

As tarefas são divididas num centro de distribuição em três partes: Tarefas de armazenagem, tarefas de expedição e tarefas de inventário. As tarefas de expedição são as mais complexas devido ao fracionamento e as exigências dos clientes.

1. Tarefas de armazenagem:

a) Conferencia de Recebimento. É a atividade onde os funcionários do centro de distribuição executam a leitura dos códigos de barra das embalagens (alocadas em determinada doca), informando no coletor a quantidade e demais informações necessárias. As etiquetas LPN (*Licence Plate Number*) já contem todas as informações necessárias numa conferencia, como quantidade, SKU, data de validade e lote. Após finalizar todas as leituras de uma descarga, o funcionário encerra a atividade. Neste momento o WMS confronta os dados coletados com os dados da nota fiscal, caso haja divergência, o funcionário retornará para executar nova leitura. Se não houver divergência, as mercadorias serão endereçadas pelo WMS (conforme cadastros pré-estabelecidos) e estarão prontas para serem guardadas.

b) Movimentação de Armazenagem. É a atividade responsável pela guarda da mercadoria recebida. Todo *pallet* recebe na conferencia de armazenagem uma etiqueta de identificação. Esta etiqueta garante a rastreabilidade daqueles produtos no armazém. O funcionário que trabalha com a empilhadeira é convocado (conceito de convocação ativa – pág. 14) para deslocar até determinada doca onde executará a leitura das etiquetas dos *pallets* e movimentará estes para o endereço indicado no coletor. Quando finaliza, é chamado para guardar o próximo *pallet*, assim por diante. O deslocamento dos operadores de empilhadeira será discutido no próximo capítulo envolvendo sistemas especialistas.

2. Tarefas de expedição¹:

¹ Não considere as tarefas de montagem de kits nesta conceituação.

a) Apanha: esta tarefa consiste na separação das mercadorias dispostas no primeiro nível das estruturas dos armazéns. Só ocorre quando a quantidade a ser apanhada é menor que a quantidade do *pallet* cheio (conceito de Norma de Paletização, Glossário). O funcionário é convocado para se deslocar por vários endereços (rotas configuradas) fazendo a coleta pedida no coletor de dados, podendo encerrar o *pallet* de separação que está criando ou aguardar para que o WMS o faça (dependo do *software*). Os *pallets* separados e identificados são levados para uma doca determinada pelo coletor no final da tarefa.

b) Ressuprimento: A existência desta tarefa está associada à existência da tarefa de apanhar. Só há ressuprimento quando no centro de distribuição está configurado com endereços de apanha, pois ressuprir é coletar um *pallet* disposto em endereços altos (necessidade de empilhadeira) para transferi-los para os endereços de primeiro nível (endereços de apanha). Esta tarefa abastece os endereços por onde passam os funcionários que apanham mercadorias. Um bom *software* de WMS controla para que as tarefas de apanhar que dependam de ressuprimento não fiquem liberadas após a finalização do abastecimento.

c) Apanha no Aéreo: é a mesma definição da tarefa de apanha, porém as coletas são realizadas nos endereços altos, acima do primeiro nível, dependendo de empilhadeira. Logo, são os operadores deste equipamento que realizam esta separação. Devido à complexidade de operar a máquina, descer um *pallet*, realizar a coleta e devolver o restante para o endereço original, esta tarefa é muito morosa. Ocorre apanha no aéreo quando o número de produtos distintos no armazém é maior que o número de endereços no primeiro nível. Os centros de distribuição usam o modelo de curva ABC para determinar os produtos com menos giro e configura-los sem endereços de apanha, de forma a acelerar as tarefas de expedição.

d) Movimentação de Expedição: É o inverso da tarefa de movimentação de armazenagem. Ocorre quando a quantidade pedida é superior a norma de paletização. O WMS prioriza a movimentação destes *pallets* (tarefa rápida), deixando o restante (se houver) para ser separado pela tarefa de apanha.

e) Conferencia de Expedição: Pode ser dividida em duas tarefas, dependendo do WMS. É a contagem via coletor de dados de todos os produtos separados para confrontá-los com a nota fiscal de venda. Alguns *softwares* usam ainda a conferencia de *pallets*, que valida o *pallet* separado com o veículo estacionado, garantindo que os *pallets* estão sendo carregados no veículo certo.

3. Tarefas de Inventário:

a) Inventário: É o processo de contagem do estoque via coletor de dados para comparar com os dados armazenados no WMS. Configura-se o número de contagens que devem ser executadas por endereço e o número de contagens coincidentes.

b) Contagem cíclica: O processo é o mesmo do inventário, porém considera-se cíclica as contagens realizadas com maior regularidade, sem parar a expedição, enquanto a tarefa de inventário é usada para contar todo o estoque, sem que tenha outra atividade em andamento no armazém.

3 PROGRAMAÇÃO POR RESTRIÇÃO

3.1 Introdução

Este capítulo aborda o problema da carteira de pedidos a ser atendida numa determinada operação, considerando a limitação de recursos humanos e físicos, aplicado na gestão de armazéns e centro de distribuição. Dada a competição cada vez mais acirrada neste segmento, a utilização de tecnologias para conter custos e otimizar a operação garante as empresas uma importante vantagem competitiva. Este é um problema de otimização combinatória, onde é preciso selecionar, a partir de um conjunto finito de dados uma condição que satisfaça a determinadas restrições pré-definidas, por exemplo: número máximo de profissionais, produtividade destes profissionais, equipamentos disponíveis, prioridades das tarefas, rede de precedência entre as tarefas, agendamento das entregas ou descargas, dentre outras.

A proposta é oferecer um sistema que satisfaça as restrições, considerando que esta solução, mesmo que não seja ótima devido à dificuldade computacional de atingir tal ponto, se aproxima ao máximo deste, garantindo eficácia no resultado. Esta solução é baseada na aplicação de programação lógica por restrição para domínios finitos (*Constraint Logic for Finite Domain - CLPFD*). Estes métodos demonstram eficácia na resolução de problemas de natureza combinatória.

3.2 Desenvolvimento Histórico

Segundo (YUNES 2000), a Programação Lógica por Restrição (*Constraint Logic Programming*) combina a natureza declarativa da programação em lógica com a eficiência dos métodos de resolução de problemas de natureza combinatória. Problemas de sequenciamento e escalonamento de tarefas, problemas de cortes, simulação de circuitos, problema de planejamento, problema de transporte, entre outros.

Proveniente da Inteligência Artificial (IA), a programação por restrição teve seus primeiros estudos durante a Segunda Guerra Mundial (MARRIOTT & STUCKEY 1998). Na busca de cálculos estratégicos precisos e baseados no crescimento tecnológico da época, surgiu o desenvolvimento de simulações considerando determinadas regras.

Nos anos 50, iniciou-se estudos da utilização da lógica da estratégia para finalidades matemáticas, como a prova de teoremas. Depois a modelagem através de regras de produção, esta última baseada em lógicas de predicados. A introdução da programação através de comandos de lógica de predicados proporcionou um grande avanço para a programação de sistemas que utilizassem esquemas de raciocínio. No início dos anos 60 houve uma grande euforia diante do potencial tecnológico vislumbrado. Os primeiros trabalhos publicados nesta época, entre eles Fikes (FIKES 1968) e Waltz (WALTZ 1975), focalizavam a representação e manipulação explícita de restrições em sistemas computacionais.

O grande avanço veio nos anos 70, quando Alain Colmerauer (COLMERAUER 1973) e sua equipe apresentaram uma revolucionária linguagem de programação de lógica: o Prolog. Em 1976, Jacques Erschler (ERSCHLER 1976) apresentou um método de análise de restrição onde o foco principal foi elaborar um procedimento de busca em árvore. Le Pape (PAPE 1994) cita que atualmente muitos resultados derivam desta mesma idéia de alterar entre a decisão e a propagação da restrição.

A partir dos anos 80 surgiu um novo paradigma na programação lógica. Foi apresentado o conceito do universo de Herbrand, trazendo flexibilidade aos modelos, até então rígidos. Na lógica matemática, dada uma linguagem formal com um conjunto de símbolos (símbolos de constantes e símbolos funcionais), o universo de Herbrand define recursivamente o conjunto de todos os termos que podem ser compostos aplicando uma composição funcional a partir de símbolos básicos. Desta forma, há uma melhora significativa no estudo dos modelos de restrição, com tais modelos se aproximando da linguagem imperativa.

A programação lógica por restrição (*Constraint Logic Programming*), assim batizada por JAFFAR & LASSEZ 1987, foi apresentada num modelo genérico que permite a utilização de diferentes linguagens lógicas. A programação lógica tradicional pode ser vista como um caso particular de PLR, onde as restrições são equações simbólicas. Em 1991, Puget (PUGET 1992) apresentou uma biblioteca de programação baseada em restrições e orientada a objeto, o *Ilog Solver*, sendo hoje um dos mais importantes *softwares* de PLR.

3.3 Conceito da PLR

Segundo YUNES (2000), resumidamente, a PLR utiliza técnicas de consistência e de busca para encontrar uma solução viável. Os domínios originais das variáveis são reduzidos pelas restrições existentes; o que pode gerar inconsistência. A seguir inicia o processo de busca onde seleciona-se uma variável a critério do programador. Através do algoritmo de busca, atribui-se um valor pertencente ao domínio da variável. Este processo é chamado de etiquetagem. Neste ponto entra em ação o processo de propagação, que é responsável por estabelecer a consistência do sistema. Se não for possível estabelecer a consistência, a última atribuição é desfeita e uma nova alternativa é selecionada (*backtracking*). Todo o processo acima é repetido até que uma solução seja encontrada ou mostre a inexistência de uma solução viável.

Para visualizar o conceito de PLR na proposta deste trabalho de atender as restrições do processo de geração de tarefas num WMS, podemos explicar a definição acima do YUNES (2000) baseando nosso problema, nosso critério e nossas restrições. Considerando um processo de expedição de mercadorias num Centro de Distribuição, onde temos 10 veículos disponíveis para realizar os carregamentos. Destes, 3 carregam até 16m³, 5 carregam 25m³ e 2 carregam 40 m³. Considerar também que temos 15 pedidos para serem expedidos, que compreendem 7 diferentes destinos. Estes pedidos são de 3 clientes diferentes, sendo que 2 aceitam misturar produtos de outros clientes e 1 exige exclusividade. Os 15 pedidos têm horários distintos de entrega firmados, e estão todos numa janela de três dias a partir de hoje. Há no armazém, neste turno, 35 funcionários no setor de expedição. Estes pedidos irão gerar 175 atividades de Apanha, 20 atividades de Apanha no Aéreo, 30

atividades de Ressuprimento e 40 atividades de Movimentação de Expedição. Dado o *Lead Time* (tempo de deslocamento do Centro de Distribuição até o destino) de cada pedido, os equipamentos físicos disponíveis, o tempo médio de execução das atividades pelos funcionários, as datas acordadas de entrega e os veículos com suas capacidades liberadas para carregar, além das regras de carregamento de cada cliente. Quais e quantos pedidos deverão ser separados num primeiro momento para garantir a otimização do atendimento da carteira dentro das restrições conhecidas?

O conceito de PLR aponta para a redução dos domínios existentes utilizando as restrições do problema. Portanto, o programa deverá primeiro verificar as restrições ligadas às regras de carregamento. Quem pode misturar produtos de outros clientes, pois esta regra, dada à limitação da oferta de veículos para carregar, infere diretamente na capacidade de carregamento de uma determinada carteira. Sucessivamente o programa continua analisando as restrições definidas, considerando a prioridade informada para cada uma delas, com o intuito de diminuir o domínio do problema até iniciar o processo de escolha de valor para as variáveis. Depois de cada tentativa em busca do melhor valor (*backtracking*), o programa retornará quais pedidos deverão ser separados com prioridade. O programa usará o método declarativo para apresentar os resultados devido a diversidade de fatores externos que influenciam neste tipo de tomada de decisão.

Abaixo, um exemplo clássico utilizado em DARBY-DOWMAN & LITTLE (1995) para demonstrar o conceito de PLR: Dada a adição aritmética simbólica SEND + MORE = MONEY, revelar qual o número inteiro representa cada letra para tornar a equação verdadeira. Considerar que os números estão num intervalo de [0,9], todos diferentes entre si. A resolução deste problema utilizando a lógica da programação por restrição (utilizando como exemplo o programa Prolog), resultaria no algoritmo a seguir:

```
:- use_module(library(clpfd))
Soma(Vars):-
Vars = [SENDMORY],
domain ([SENDMORY]
```

```

alldifferent (Vars),
M##0,
S##0,
1000*S +100*E + 10* N+D
+ 1000*M+100*O + 10 R + E           #=
10000 * M + 1000 * O + 100 * N + 10 * E + Y,
labeling ([],      [S,E,N,D,M,O,R,Y]).

```

Código 1. Exemplo SEND + MORE = MONEY

O primeiro passo é criar uma variável para cada letra. A lista *Vars* contém esta informação. Cada variável pode assumir valores inteiros entre 0 e 9. Este domínio é representado pela restrição *domain* ([S,E,N,D,M,O,R,Y],0,9). Como todas as letras devem assumir valores distintos, utilizou-se a restrição pré-definida *all different*, tendo como parâmetro a lista de variáveis. Esta restrição funciona como se existissem 28 restrições de desigualdade entre cada par de variáveis distintas da lista. Outro detalhe importante é o fato das variáveis M e S não poderem assumir o valor 0, pois são dígitos iniciais dos números. O símbolo *##* indica desigualdade.

Yunes (2000) cita que antes mesmo que a busca por uma solução tenha início, o mecanismo de propagação de restrições já é capaz de reduzir os domínios das variáveis. Seja a operação intermediária de adição correspondente à coluna que contém as variáveis S, M e O. Sabe-se que:

$$V^1 + S + M + O = O + 10.V^2$$

Onde V^1 é o vem-um da coluna anterior e V^2 é o vai-um dessa coluna. Note que o dígito inicial de MONEY, a letra M, é igual a V^2 . Como V^1 e $V^2 \notin \{0,1\}$ e $M > 0$, tem-se que $V^2 = M = 1$ e o valor 1 é retirado do domínio das outras letras. A equação anterior fica:

$$V^1 + S = O + 9$$

Como $O + 9 \geq 9$ e $V^1 \leq 1$, conclui-se que $S \geq 8$, portanto o domínio de S é reduzido para $[8,9]$. Além disso, como V^1 é o vai-um da coluna com as letras E, O, N. Como O é igual a 0, conclui-se que $V^1 = 0$ e, conseqüentemente, $S = 9$.

Neste ponto S, M e O são fixadas em 9, 1 e 0; respectivamente, e os domínios das demais letras foram reduzidos para o intervalo $[2,8]$, por causa da restrição de todos os valores serem diferentes. O próximo passo da busca (*labeling*) teve início atribuindo à variável E o valor 2. Este valor gera uma inconsistência nas restrições, então ocorre um *backtracking* e tenta-se utilizar o próximo valor do domínio. Este processo repete até ser atribuído à variável E o valor 5 e, assim, todas as demais variáveis têm seus domínios reduzidos para um único valor possível, produzindo a primeira solução viável:

$$S = 9, E = 5, N = 6, D = 7, M = 1, O = 0, R = 8 \text{ e } Y = 2.$$

Na prática, esta redução potencial do espaço de pesquisa gera um custo correspondente à computação dos valores para definir a etiqueta, e está relacionada com a densidade do grafo. Quanto mais denso for o grafo, mais difícil é o problema (YUNES, 2000).

Trazendo o exposto acima para nosso campo de pesquisa, as restrições existentes para o atendimento de uma carteira de pedidos num centro de distribuição, pode-se enumerar da mesma forma tais restrições e apresentar o domínio hipotético de cada. Dadas às restrições, separamos aquelas que são flexíveis daquelas que são rígidas. Como exemplo de restrições flexíveis, podemos citar a produtividade dos funcionários enquanto um exemplo de restrição rígida tem o tempo de entrega e o número de funcionários. É certo que a maioria das variáveis, neste contexto, terá seus valores fornecidos pela integração dos softwares de gestão. Conclui-se então que,

com as variáveis reveladas, a importância das restrições flexíveis será para possibilitar uma combinação que melhor satisfaça o problema.

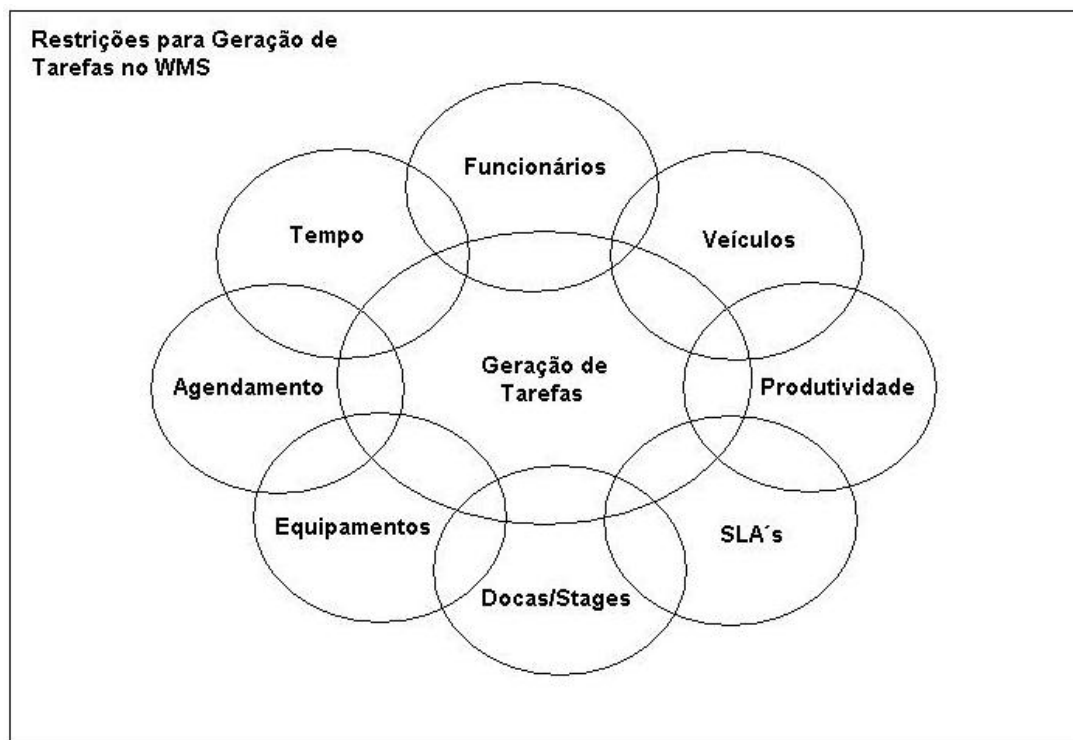


Figura 3 – As restrições das tarefas para geração de serviços

Analisando a figura acima, chega-se a conclusão que todas estas restrições, sem um suporte à decisão que as centralize, são tratadas independentemente durante os processos de um centro de distribuição. Por exemplo, o tempo de agendamento é definido pelos acordos comerciais e acompanhado pelos funcionários que cuidam do interesse dos clientes. Os veículos são controlados pelas portarias. O WMS controla os funcionários *on-line*, a produtividade e a ocupação das docas. Os gerentes cuidam do SLA e assim por diante. Portanto, quando se propõe centralizar todas as restrições num único sistema para que este, utilizando de algoritmos de programação por restrições, apresente soluções ótimas ou as melhores soluções, garantimos um melhor resultado operacional das tarefas executadas.

3.4 Descrevendo o Problema

Analisando as restrições do problema, definimos: a duração das atividades e seus requisitos de recursos são fixos; duas ou mais atividades podem exigir o mesmo recurso, então eles podem sobrepor-se no momento de programá-los, desde como as suas exigências combinadas para o recurso não excedam a sua capacidade.

O problema consiste em programar a execução das atividades de centro de distribuição, considerando todas as suas restrições e combinações, de forma a atender da melhor forma os horários definidos para carga e descarga de mercadorias. Para tal, devemos programar com base nas restrições de funcionários, veículos, produtividade, SLA, Docas, Equipamentos, Agendamento e Tempo.

As restrições acima serão separadas em dois grupos: fixas e flexíveis, conforme apresenta a figura 4, a seguir:

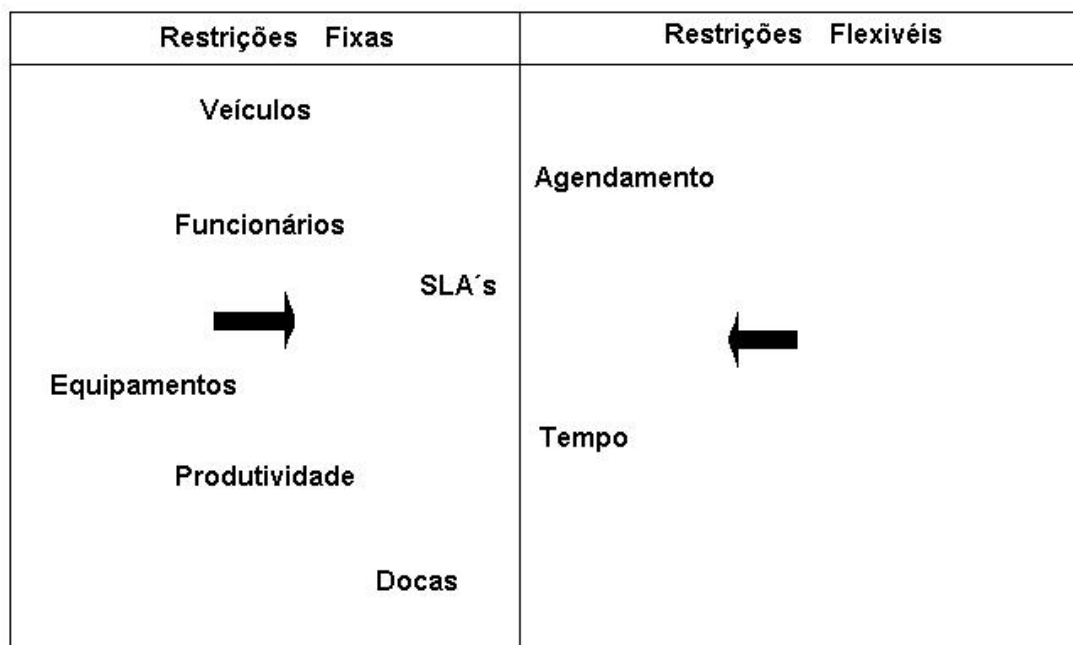


Figura 4. Grupo de Restrições.

Pela figura 4 verificamos que as principais restrições são de natureza fixa, portanto a valor atribuído em cada delas para definição da programação não permitirá margens

para determinar o resultado esperado. Enquanto, se necessário, estes valores podem ser flexíveis nas restrições de agendamento e tempo. Nota-se também que a proximidade das restrições do centro da figura indicada o grau de aproximação destas com a linha que separam ambas.

Consideremos o seguinte cenário num Centro de Distribuição: São 08:00 da manhã do dia 01/06/2010, o funcionário responsável para liberar as tarefas no WMS verifica tem existem 14 cargas, sendo que 4 são descargas e 10 são cargas. A equipe deste turno se apresentou com 18 funcionários, sendo 3 operadores de empilhadeiras, 3 operadores de paletes, 3 conferentes e 9 separadores. São 3 empilhadeiras disponíveis, 3 paletes elétricas. O agendamento prevê 2 descargas antes das 09:00, 2 descargas antes das 11:00, uma carga até as 09:00, três cargas até as 11:00, três cargas até as 13:00, três cargas até as 15:00. Temos 10 veículos liberados no Centro de Distribuição para carga e os pedidos para carga são de três clientes distintos, conforme o SLA que segue: Cliente A desconta o faturamento/mês para cada atraso/carga constatado. O cliente B permite uma margem de 5% de atraso/mês, sem descontar no faturamento. O Cliente C permite margem de 10% de atraso caso 50% de suas cargas enviadas após o corte sejam atendidas no horário previsto. O horário de trabalho deste turno é de 08:00 às 16:00. O total de caixas da descarga programada é de 1.600 caixas, enquanto o total de caixas de carga é de 5.600. A análise da carga deve ser feita por atividade, em função da diferença homem/caixa. A figura 4 abaixo resume o cenário descrito:

Cliente:	Carteira	Atividades (cxs)					Caixas	Funcionários:	Equipamentos:
		Conferência	Movimentação	Apanha	Apanha-Aéreo	Ressuprimento(*)			
A	Carga1	550	350	200		5	550	FuncOpe1 (1)	Paleta1 (P1)
A	Carga2	580	200	330	50	10	580	FuncOpe2 (2)	Paleta2 (P2)
A	Carga3	710	400	310		3	710	FuncOpe3 (3)	Paleta3 (P3)
B	Carga4	460	210	220	30	5	460	FuncEmp1 (4)	Empilhadeira1 (E1)
B	Carga5	320	150	170		4	320	FuncEmp2 (5)	Empilhadeira2 (E2)
C	Carga6	730	430	150	150	6	730	FuncEmp3 (6)	Empilhadeira3 (E3)
C	Carga7	710	360	350		2	710	FuncConf1 (7)	
C	Carga8	570	260	240	70	1	570	FuncConf2 (8)	
C	Carga9	430	310	120		3	430	FuncConf3 (9)	
C	Carga10	540	340	200		4	540	FuncSep1 (10)	
A	Descarga1	400	400				400	FuncSep2 (11)	
A	Descarga2	400	400				400	FuncSep3 (12)	
B	Descarga3	350	350				350	FuncSep4 (13)	
C	Descarga4	450	450				450	FuncSep5 (14)	
								FuncSep6 (15)	
								FuncSep7 (16)	
								FuncSep8 (17)	
								FuncSep9 (18)	

Figura 5: Análise Restritiva de Atividades

Com os dados de restrição da figura 5, partimos para uma análise da produtividade média dos funcionários por atividade, conforme figura 6 a seguir:

Tabela de Atividades/Funcionário/Tarefa		
Processo	Atividade	h/caixas
Carga	Movimentação	1000
Carga	Conferencia	500
Carga	Apanha	200
Carga	Ressuprimento	1000
Carga	Apanha-Aereo	80
Descarga	Movimentação	1000
Descarga	Conferencia	500

Tabela 1: Relação de Atividades/Funcionários/Tarefa.

Considerando os dados de restrição da figura 5 e da tabela 1, e ainda a disponibilidade de veículos informado no enunciado como também o SLA dos clientes, vamos partir para uma solução ótima deste exemplo, utilizando conceitos da programação lógica de restrição.

Cliente:	Carteira	Tempo:								
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
A	Carga1	2,5	10,9				Intervalo			
A	Carga2	2,5	11,12	7			Intervalo			
A	Carga3	3,6	14,15	8			Intervalo			
B	Carga4	3,6	13	9	9		Intervalo			
B	Carga5		16	1,4	7		Intervalo			
C	Carga6		17	2,5	8		Intervalo			
C	Carga7		18	10,3,6		7	Intervalo			
C	Carga8			11,3,6		8	Intervalo			
C	Carga9			12,3,6		9	Intervalo			
C	Carga10			3,6			Intervalo		7	
A	Descarga1	1,4	7,8				Intervalo			
A	Descarga2	1,4	7,8				Intervalo			
B	Descarga3				1,4		Intervalo		8,9	
C	Descarga4				1,4		Intervalo			7,8

Figura 6: Projeção de Execução de Atividades

Na figura 6 acima, foram distribuídos nas colunas de horários os respectivos números dos funcionários mostrados na figura 5. As interdependências de execução de atividades foram desconsideradas, pelo fato da possibilidade de execução simultânea

das mesmas como também pela possibilidade de conferir mercadorias desde o fim da primeira atividade de apanha, movimentação ou apanha - aéreo. Portanto, no exemplo acima, a Carga1 teve seu início de separação às 08:00 pelos funcionários 2,5,10 e 9, que são, respectivamente, FuncOpe2, FuncEmp2, FuncSep1 e FuncConf3. Os funcionários 2 e 5 aparecem também relacionados na separação da Carga2 neste horário, pois os montantes de caixas destas duas cargas atendem a capacidade de separação destes, conforme produtividade da tabela 1. A distribuição de funcionários pelas cargas, respeitando a produtividade dos mesmos e a limitação de equipamentos, retorna o cronograma da figura 6, apontando para o término da carteira às 13:00, cumprindo os compromissos acordados de serviços (SLA) e a agenda prevista.

Neste mesmo cenário, alterando apenas a carteira incluindo mais cargas, chegamos num ponto onde deveremos definir qual cliente não será atendido. Para esta análise, vamos considerar alguns parâmetros pré-estabelecidos, para que a lógica aponte quais cargas serão separadas. Consideremos 28 cargas, sendo que 8 são descargas e 20 são cargas. O agendamento prevê 2 descargas antes das 09:00, 2 descargas antes das 11:00, uma carga até as 09:00, 3 cargas até as 11:00, 3 cargas até as 13:00, 3 cargas até as 15:00, 4 descargas até as 16:00, 5 cargas até às 15:00 e 5 cargas até às 16:00. O total de caixas da descarga programada é de 3.200 caixas, enquanto o total de caixas de carga é de 11.200.

Cliente:	Carteira	Tempo:									
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
A	Carga1	2,5	10,9				Intervalo				
A	Carga2	2,5	11,12	7			Intervalo				
A	Carga3	3,6	14,15	8			Intervalo				
B	Carga4	3,6	13	9	9		Intervalo				
B	Carga5		16	1,4	7		Intervalo				
C	Carga6		17	2,5	8		Intervalo				
C	Carga7		18	10,3,6		7	Intervalo				
C	Carga8			11,3,6		8	Intervalo				
C	Carga9			12	3,6	9	Intervalo				
C	Carga10			13	3,6		Intervalo	7			
A	Descarga1	1,4	7				Intervalo				
A	Descarga2	1,4	8				Intervalo				
B	Descarga3				1,4		Intervalo	8			
C	Descarga4				1,4		Intervalo	9			
A	Carga11			14	2,5		Intervalo		7		
A	Carga12			15,16	2,5		Intervalo		8		
A	Carga13			17,18		3,6	Intervalo		9		
B	Carga14				10,3,6		Intervalo			7	
B	Carga15				11	1,4	Intervalo			8	
C	Carga16				12	2,5	Intervalo			9	
C	Carga17				13,14	3,6	Intervalo				7
C	Carga18				15		Intervalo	3,6			8
C	Carga19				16		Intervalo	3,6			9
C	Carga20				17		Intervalo	3,6			Pendente
A	Descarga5						Intervalo	1,4			Pendente
A	Descarga6						Intervalo	1,4			Pendente
B	Descarga7						Intervalo	2,5			Pendente
C	Descarga8						Intervalo	2,5			Pendente

Figura 7: Projeção de Execução de Atividades – Exemplo 2

Pelo cronograma de execução das tarefas conforme figura 7, após aumentarmos o número de cargas do turno exemplificado na figura 6, chegamos numa situação onde algumas cargas não podem ser concluídas no período estabelecido. Neste exemplo, as Cargas 18,19 e 20 e as Descargas 5,6,7 e 8 não foram finalizadas pelo turno. Estas cargas ficaram incompletas simplesmente pelo critério que eu adotei de finalizar as cargas e descargas conforme a ordem da tabela. Porém, como sabemos que estas cargas e descargas pertencem a três diferentes clientes e cada um destes possuem SLAs distintos no contrato de prestação de serviços, vamos analisá-las para definir quais pedidos serão atendidos num cenário em que a execução de toda a carteira está limitada pelos recursos disponíveis.

Conforme SLAs descritos anteriormente, o Cliente A desconta o faturamento/mês para cada atraso/carga constatado. O cliente B permite uma margem de 5% de atraso/mês, sem descontar no faturamento. O Cliente C permite margem de 10% de atraso caso 50% de suas cargas enviadas após o corte sejam atendidas no horário

previsto. Desta forma, vamos priorizar as cargas do Cliente A, que não permite nenhum atraso. Em seguida serão priorizadas as cargas do Cliente C, que permite o atraso de 10% das cargas, porém vincula esta margem ao envio de cargas após o corte em determinado percentual. Por último será atendido o Cliente B, pois este permite um atraso de 5% das cargas sem nenhum tipo de desconto no faturamento.

Cliente:	Carteira	Tempo:									
		08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	
A	Carga1	2,5	10,9			Intervalo					
A	Carga2	2,5	11,12	7		Intervalo					
A	Carga3	3,6	14,15	8		Intervalo					
B	Carga4	3,6	13	9	9	Intervalo					
B	Carga5		16	1,4	7	Intervalo					
C	Carga6		17	2,5	8	Intervalo					
C	Carga7		18	10,3,6		7	Intervalo				
C	Carga8			11,3,6		8	Intervalo				
C	Carga9			12	3,6	9	Intervalo				
C	Carga10			13	3,6		Intervalo	7			
A	Descarga1	1,4	7			Intervalo					
A	Descarga2	1,4	8			Intervalo					
B	Descarga3					Intervalo	2,5				Pendente
C	Descarga4				2,5	Intervalo					9
A	Carga11		14	1,4		Intervalo		7			
A	Carga12		15,16	1,4		Intervalo		8			
A	Carga13		17,18	2,5		Intervalo		9			
B	Carga14			17		Intervalo		2,5			Pendente
B	Carga15			16		Intervalo		2,5			Pendente
C	Carga16			15		Intervalo	1,4				7
C	Carga17			13,14		Intervalo	1,4				8
C	Carga18			10	2,5	Intervalo	1,4				9
C	Carga19			11	3,6	Intervalo					Pendente
C	Carga20			12	3,6	Intervalo					7
A	Descarga5				1,4	Intervalo	8				
A	Descarga6				1,4	Intervalo	9				
B	Descarga7					Intervalo		1,4			Pendente
C	Descarga8					Intervalo	2,5				8

Figura 8: Projeção de Execução de Atividades – Exemplo 3

Considerando o SLA, os pedidos não atendidos passaram a ser as Cargas 14,15 e 19 e as Descargas 3 e 7. Exceto a Carga19 do Cliente C, as demais não atendidas foram do Cliente B, que apresenta as condições contratuais mais razoáveis nos casos de atrasos de carteira. Evidentemente, este cliente deverá ter sua carteira atendida no período de forma que estes pedidos em atraso representem no final apenas 5%. Para chegar neste cronograma de execução de atividades foram estabelecidas as seguintes decisões:

1. Com base nos dados de SLA, considerando um parâmetro de atendimento prioritário, foi determinado que os clientes fossem atendidos pela seguinte

ordem em casos de carteira acima da capacidade de produção: 1.Cliente A – 2.Cliente C – 3.Cliente B. Apesar da prioridade nos casos necessários, vale destacar que durante a agenda do dia todos os clientes são atendidos, aplicando-se o critério de prioridades apenas no fim do turno afim de não comprometer os contratos.

2. Considerando as atividades necessárias para a execução de cada pedido, será calculado o número de funcionários necessários para cada atividade no primeiro horário da agenda, respeitando a função de cada um destes e seus respectivos equipamentos.
3. Após o cálculo de toda a carteira considerando as restrições estabelecidas, dar-se-á a necessidade utilizar o critério do item 1 a partir da quarta hora da agenda, a fim de conduzir as execuções de forma que o Cliente A seja totalmente atendido, o Cliente C fique apenas com um pedido pendente e o Cliente B seja penalizado com os atrasos do turno.

A partir da obtenção destas informações, o gestor passa a ter uma rica informação para administrar o turno de trabalho. Fica visível analisando o caso acima que a limitação de conferentes limita a execução das atividades, enquanto também fica nítido que os separadores começam a ficar ociosos no final do turno. A informação do cenário de trabalho do seu turno também oferece a possibilidade de aviso prévio ao cliente parametrizado para ser penalizado ou até mesmo a necessidade de contratação. Portanto, a otimização descrita acima, além de oferecer informações precisas para a tomada de decisão relacionada à execução das tarefas, aponta também para soluções gerenciais do processo como um todo. No capítulo a seguir abordará a aplicabilidade do sistema de suporte à decisão, destacando redução de custos, satisfação dos clientes e suporte gerencial em função dos dados operacionais.

4 APLICABILIDADE DA SOLUÇÃO

4.1 Cenário Atual

Para introduzir um projeto de suporte à decisão de otimização de armazém, deve-se planejar um levantamento de dados nos processos logísticos da empresa para prever os resultados esperados comparados aos resultados atuais. Além disso, conforme descrevemos no capítulo anterior, os contratos são importantes para uma configuração adequada de prioridades de atendimento, determinando assim a ordem de execução de tarefas quando houver restrições na agenda dos mesmos. Outro ponto importante é a análise dos softwares de gestão que deverão ser conectados para abastecer o painel de soluções com as informações necessárias para sua implementação.



Figura 9 – Interfaces dinâmicas entre diferentes plataformas de dados

A figura 9 ilustra as interfaces entre usuários conectados via coletores de dados, computadores com softwares de gestão de armazéns, antenas *wi-fi*, servidores de dados para armazenar e guardar dados operacionais e gerenciais, além do painel central que consolida os dados para oferecer o suporte à decisão.

Portanto, a análise do cenário atual requer um estudo detalhado da infra-estrutura computacional do centro de distribuição, das interfaces de dados existentes e a flexibilidade para disponibilidade de dados. Do lado operacional, o estudo dar-se-á pelas informações atuais de agenda, número de atrasos diários, tipo de clientes e particularidades de contrato. O resultado destes levantamentos de dados, tanto técnicos quanto operacionais, responderão à necessidade de implementação de uma solução sistêmica de suporte à decisão.

4.2 Qualidade e Custos

Após a análise do cenário atual de um centro de distribuição, sugerindo que as informações levantadas apontam para uma ineficiência da administração dos agendamentos de cargas e descargas, partimos para o processo de implementação da solução de suporte à decisão. Dois importantes pontos que serão almejados após esta implementação será a melhoria no nível de qualidade dos serviços e a redução de custos operacionais.

A qualidade na operação com a utilização de um software de otimização ficará evidente após a disponibilidade de dados importantes para sua gestão, como número de funcionários ótimos para execução de determinada atividade, tempo médio de separação de carga e informação prévia de cumprimento de agenda, possibilitando avisos antecipados aos interessados nos casos de não cumprimento. O não cumprimento de serviços contratados gera menos insatisfação por parte dos contratantes quando tais ocorrências são previamente avisadas.

Para PORTER (1991), as políticas discricionárias são fatores selecionados pela empresa para se tornar diferenciada em relação aos concorrentes, através da criação de valor para os clientes , quais sejam:

- Característica do serviço;
- Desempenho do serviço;
- Intensidade de gastos numa atividade de valor;
- Conteúdo de informação numa atividade de valor;
- Tecnologia empregada para desempenhar uma atividade de valor;
- Qualidade dos insumos;
- Nível de treinamento proporcionado ao pessoal de uma atividade de valor;
- Nível de informação para controlar uma atividade.

Conforme PORTER descreveu acima, a aplicação de tecnologia para dar suporte à decisão, está diretamente ligada aos fatores por ele listados como fundamentais para uma empresa tornar-se diferenciada. O sistema de otimização identifica-se com desempenho de serviço, ao otimizar as operações de carga/descarga; com conteúdo da informação, ao manter em tempo real todos os dados da operação, proporcionando capacidade de decisão coesa ao corpo gerencial; com a tecnologia empregada, sendo um grande diferencial no mercado; além dos níveis de treinamento e informação, ambos importantes para a aplicabilidade do projeto e busca dos resultados.

Já a análise dos custos, após a otimização da execução das tarefas, dar-se-á pelas informações dos números ótimos de funcionários, apontando para remanejamento ou redução do quadro de funcionários. Através da análise dos dados de funcionários e equipamentos, estes últimos também poderão ser otimizados, considerando que os mesmos têm alto custo nos armazéns. A diminuição dos atrasos também gera impacto positivo no faturamento, uma vez que reduz as multas em função de não cumprimento de agenda.

Para PORTER (1991), o custo baixo em relação às empresas concorrentes torna-se um ponto central. A vantagem competitiva baseada em custo pode ser atingida controlando os fatores de custo, conforme abaixo:

- Economia de Escala: economias de escala surgem quando a empresa desempenha suas atividades de forma diferente e mais eficientemente em grandes volumes;
- Aprendizagem: o custo de desempenhar uma atividade diminui ao longo do tempo, devido à aprendizagem, aumentando a eficiência;
- Padrão de Utilização da Capacidade: quando uma atividade tem um custo fixo alto para ser desempenhada; a baixa taxa de utilização da capacidade instalada resulta em aumento de custo;
- Ligações: o custo de uma atividade muitas vezes é o resultado do custo de outras atividades;
- Inter-relacionamentos: algumas atividades da cadeia de valor de uma empresa ou entre unidades de negócio de um conglomerado muitas vezes podem ser compartilhadas visando à redução de custo;
- “*Timing*”: diz respeito a questão de “tempo” no que tange a vários aspectos tais como: o primeiro a chegar no mercado, lançamento de produtos etc.
- Políticas Discricionárias: são caracterizadas por escolhas que uma empresa realiza, independentemente dos outros fatores de custo, e que têm grande impacto nos custos, quais sejam:
 - configuração, desempenho e características de serviços;
 - mix de serviços oferecidos ao mercado;
 - características dos compradores;
 - tecnologia selecionada;
 - política salarial etc.
- Localização: refere-se a localização geográfica de uma determinada atividade (muito importante na atividade deste estudo);
- Fatores Institucionais: incluem fatores tais como regulamentação governamental e sindicatos.

Portanto, baseado na teoria de vantagem competitiva de custos descrita por PORTER, identificamos oportunidades da otimização de tarefas com vários pontos acima, como na economia de escala, onde cita a importância de desempenhar

atividades de forma diferente. Ainda visualizamos a aplicabilidade da otimização nos pontos de aprendizagem, utilização da capacidade, ligações, inter-relacionamentos, *timing* e políticas discricionárias.

4.3 Resultados Esperados

Conforme descrito neste capítulo, após um levantamento detalhado dos dados da empresa, identificando os pontos críticos de processos e dados, e partindo para uma implementação de suporte à decisão para atingir vantagem competitiva em qualidade e custo, espera-se atingir os resultados almejados assim que a tecnologia for implantada. Considerando que as fases de análise de dados e infra-estrutura foram concluídas com sucesso, assim como a fase de treinamento das pessoas envolvidas no projeto de otimização, a implementação da tecnologia deverá proporcionar bons resultados de imediato, apontando diferenças entre a capacidade instalada de produção e a capacidade requerida pela operação, além de identificar necessidade de remanejamento de funcionários entre tarefas, ociosidade ou falta de equipamentos, contratos deficitários entre outros problemas relacionados a restrição. Por outro lado oferecerá informações importantes aos clientes e aos gestores, a fim de levar o Centro de Distribuição à operação ótima e os clientes à satisfação com os serviços contratados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Peter Drucker, filósofo e economista austríaco, considerado o pai da administração moderna, definiu certa vez a logística como a última fronteira gerencial que resta ser explorada para reduzir tempos e custos, melhorar o nível e a qualidade de serviços, agregar valores que diferenciem e fortaleçam a posição competitiva da empresa. O intuito deste trabalho foi introduzir uma tecnologia inovadora num processo cada vez mais importante no elo produtivo: a movimentação de estoque. Após perceber a difusão gradual dos softwares de gerenciamento de armazéns neste segmento, notei a falta de uma tecnologia que tratasse as demandas operacionais específicas de cada armazém, enxergando na otimização a solução ideal para moldar as especificidades e apresentar as melhores soluções possíveis.

O mercado de logística hoje concentra um grande número de concorrentes que detêm as mesmas tecnologias, como softwares integrados de gestão (ERP), troca eletrônica de arquivos de dados (EDI), equipamentos de rádio frequência, estrutura físicas de armazenagens inteligentes, entre outras. Cabe então aos profissionais de TI buscarem novas soluções para proporcionar vantagem de mercado às empresas, retirando-as do lugar comum e posicionando-as no valioso oceano azul, conforme citam W. Chan Kim e Renée Mauborgne, autores de *A Estratégia do Oceano Azul*. Neste ponto, a introdução de tecnologias de suporte à decisão vai de encontro a esta procura das organizações por inovações que promovam um diferencial competitivo.

Ao identificar o uso de vários softwares, equipamentos sofisticados e tecnologia de ponta, e ainda assim verificar problemas operacionais percebi a oportunidade de uma aproximação da tecnologia junto as verdadeiras necessidades do processo operacional. A otimização de tarefas, através de solução de suporte à decisão, uni as vantagens existentes com as tecnologias atuais às reais demandas operacionais, permitindo ganhos na qualidade dos serviços prestados combinado a redução de custos, sendo a solução moldada especificamente para uma determinada operação. Notar os gargalos operacionais, mesmo após a adoção de várias ferramentas tecnológicas, será o grande papel dos gestores de TI nos processos logísticos. Este

trabalho explora exatamente um destes pontos, uma restrição operacional que ficou de fora da cobertura tecnológica sobreposta no ramo logístico. Desta forma, foi apresentado uma solução eficiente para resolver os problemas de tomada de decisão nas operações logísticas.

5.1 Trabalhos Futuros

Soluções de suporte à decisão, conforme descrevemos neste trabalho, pode ser um grande diferencial competitivo às organizações. Outra grande oportunidade para desenvolver um estudo neste campo de programação restritiva é a operação de formação de cargas. Receber vários pedidos com distintos produtos, cada um deles com especificações próprias como peso, volume, fragilidade, perenidade; de diferentes clientes para entrega em diferentes destinos; toda essa teia transforma-se num grande desafio operacional, oferecendo assim uma oportunidade para a introdução das soluções de suporte a decisão.

Bibliografia

ABML, Caderno Especial. *O Conceito do operador logístico*. Revista Tecnológica. São Paulo, ano IV, n. 39, p. 35-46, fev./1999.

ARBACHE, F. Saba, *et all*. *Gestão de Logística, distribuição e trade marketing*. FGV, 2006.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial*. 5ª Edição - RS: Ed. Bookman, 2006.

BARROS, M. *WMS no gerenciamento de depósitos, armazéns e centros de distribuição*. Disponível em: <http://www.ilos.com.br>. Acesso em 02 fev. 2010.

CERVO, A. L; **BERVIAN**, P. A. *Metodologia científica*. São Paulo: Makron Books, 2002.

CHRISTOPHER, Martin. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Tradução de Francisco roque Monteiro leite. São Paulo:Pioneira, 1997.

COLMERAUER, A. *Sur Les Bases Théoriques de Prolog*, 1a edn, Groupe Programmation et Languages AFCET, paris, 1973.

COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS – CSCMP. *Definition of Logistics Management*. Disponível em: <http://www.cscmp.org>. Acesso em: 31 jan. 2010.

DARBY-DOWMAN, K. & LITTLE, J. *The Significance of Constraint Logic Programming to Operation Research*, 1a edn, Operation Research Society Tutorial Paper, pag. 20-45, Londres, 1995.

ERSCHLER, J. *Analyse Sous Contraintes et Aide à la Décision Pour Certains Problèmes d'Ordonnancement*, 1a edn, Tese de Doutorado, Université Paul Sabatier, paris, 1976.

FARIA, Ana C.; COSTA, Maria F. G. *Gestão de Custos Logísticos*. São Paulo: Atlas, 2008.

FIKES, R. *A Heuristic Program for Solving Problems Stated as Non-Determinist Procedures*, 1a edn, Tese de Doutorado, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1968.

FLEURY, P. F. *Vantagens competitivas e estratégicas no uso de operadores logísticos*. Rio de Janeiro: Coppead, 1999. Disponível em: <http://www.ilos.com.br>. Acesso em 02/02/2010.

GIL, AC. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

JAFFAR, J. & LASSEZ, J. L. *Constraint Logic Programming*, 1a edn, Technical Report 86/74, Monash University, Victoria, Australia, 1987.

LAKATOS, EM; MARCONI, MA. *Fundamentos de metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2001.

LIMA, L. R. R. *A evolução dos prestadores de serviços logísticos no Brasil: O surgimento dos 4PLs*. 2004. 140f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 2004.

PAPE, C. L. *Constraint-Based Programming for Scheduling: an historical perspective*, 1a edn, Working Notes of the Operation Research Society Seminar on Constraint Handling Techniques, ILOG S.A. 1994.

PAZ, V. *Terceirizar para agregar valor. Revista Logística Sistêmica.* São Paulo, nº 3, p. 02, jul/2004.

PORTER, M. E. *Estratégia Competitiva.* Rio Janeiro, Campus, 1991.

PUGET, J. F. *PECOS: A High Level Constraint Programming Language.* 1a edn , In Proceedings of the first Singapore International Conference on Intelligent Systems, pag 137-142, Singapore, 1992.

MARRIOTT, K. & STUCKEY, P. J. *Programming with Constraint: an introduction,* 3a edn, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts (1998).

NOVAES, Antônio Galvão. *Logística e gerenciamento da cadeia de produção.* 2ª Edição São Paulo: Editora Campinas, 2004.

_____. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: Estratégia, operação e avaliação.* Rio de Janeiro: Campus, 2001.

SANTOS, JA; PARRA, DF. *Metodologia científica: a construção do conhecimento.* Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SUCUPIRA, Cezar. *Gestão de depósitos e centro de distribuição através dos softwares WMS.* 2002. Disponível em: <http://www.cezarsucupira.com.br/artigos.htm>
[Acesso em 19/02/2010.](#)

WALTZ, D. L. *The Psychology of Computer Vision,* 6a edn, (Ed.P Winston), Chapter Understanding Line Drawings of Scenes With Shadows, McGraw-Hill, New York, 1975.

YUNES, T. H. *Problema de Escalonamento no Transporte Coletivo: Programação por Restrição e Outras Técnicas,* 1a edn, Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação - UNICAMP, Campinas – SP, 2000.

Glossário

- **Armazém:** também chamado de Centro de Distribuição (CD) é o local físico onde ocorrem as descargas, armazenagens e cargas das mercadorias.
- **Carteira de pedidos:** Lista de notas fiscais para armazenamento ou expedição, geralmente tratadas como cargas e descargas.
- **Coletores de dados:** Ferramentas manuais utilizadas por funcionários nos armazéns para ler códigos de barras e orientar os mesmos nas execuções dos serviços.
- **Convocação:** também chamado de convocação ativa. É o aviso (sonoro ou visual) no coletor de dados que há tarefas para serem executadas.
- **Drive-In:** estantes com capacidade para guardar vários *pallets* no mesmo endereço.
- **Endereço:** local físico que a mercadoria fica armazenada. Geralmente segue uma lógica onde se caracteriza o código do armazém, a área de armazenagem, a rua, o prédio e o nível.
- **Endereços de Compra:** são os endereços do CD (geralmente no primeiro nível) onde são separadas as mercadorias fracionadas para expedição.
- **Equipamentos:** recursos usados para movimentar os *pallets*. São exemplos empilhadeiras (movimentação vertical) e transpaleteiras (movimentação horizontal).
- **Etiqueta de Identificação:** todo *pallet* de mercadorias que chega ao CD recebe uma etiqueta com código de barras que será responsável pela identificação e rastreabilidade. Na saída, os *pallets* fechados saem com a etiqueta da guarda. Os *pallets* fracionados recebem nova etiqueta.
- **Geração de Serviços:** é a rotina de selecionar as notas fiscais de armazenamento ou venda para gerar as tarefas de guarda ou separação.
- **Interleaving:** técnica do WMS que, dada as tarefas liberadas, determina a execução das tarefas de mesma prioridade através da convocação que otimiza os percursos dos equipamentos.

- Movimentação de *pallets* fechados: tarefas geradas pelo WMS e executadas pelos funcionários através dos coletores de dados. Estas tarefas são geradas após a conferência de recebimento (para guarda) e após a geração de serviços (para expedição).
- Norma de Paletização: disposição das mercadorias no *pallet*. Toda mercadoria tem uma configuração de norma de paletização. O WMS usa este valor para calcular os ressuprimentos e a alocação de *pallets* fechados para os processos de expedição.
- Ocorrência: qualquer divergência apontada pelo WMS entre o físico (leituras que ocorrem no CD) e o virtual (dados armazenados no sistema).
- Operador Logístico: empresa especialista em administrar os estoques da indústria.
- *Pallet* fechado: *pallet* que mantém o número de caixas (mercadorias) da descarga.
- Porta-*Pallets*: estrutura de aço onde são guardadas as mercadorias, estas estantes caracterizam-se pela guarda de somente um *pallet* por endereço.
- Produtividade: tempo médio para executar uma tarefa gerada pelo WMS.
- *PushBack*: estantes com capacidade de guardar até três *pallets* por endereço através de um sistema de linhas inclinadas onde os *pallets* de trás deslizam para frente do endereço a medida que esvazia-se o mesmo.
- RF: Rádio Frequência (Sistema de comunicação sem fio usado entre as interfaces do WMS e dos coletores de dados).
- Ressuprimento: é um dos tipos de tarefas geradas pelo WMS. O ressuprimento caracteriza-se na atividade de alimentar um endereço de compra com *pallets* armazenados em níveis superiores. Utiliza-se para tal o uso do equipamento empilhadeira.
- Romaneio: documento que lista detalhes da carga separada. Pode ser no detalhe de pedidos, notas fiscais ou produtos.
- *Shelf-Life*: Vida útil da mercadoria no CD. Diferencia-se da data de validade por ser menor que esta última, visto que o produto deve escoar antes da proximidade de sua expiração.

- Tarefas: serviços do centro de distribuição que são executados através dos coletores de dados.
- WMS: *Warehouse Managment System* (Softwares de Gerenciamento de Armazéns)