

LEONARDO MIYAGI NAPOLITANO

**GESTÃO DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO EM EMPRESA
DA LINHA BRANCA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

São Paulo

2010

LEONARDO MIYAGI NAPOLITANO

**GESTÃO DE ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO EM EMPRESA
DA LINHA BRANCA**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita

São Paulo

2010

2164752

TF2010

N162g

tambor : M2010AX

DEDALUS - Acervo - EPRO



32100011537

ACOMPANHA CD

Napolitano, Leonardo Miyagi

**Gestão de estoques de peças de reposição em empresa de
linha branca / L.M. Napolitano. -- São Paulo, 2010.
p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.**

**1. Estoques 2. Previsão de vendas I. Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de
Produção II. t.**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, José e Naoko.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a meus pais, que sempre me deram todo o apoio e garantiram todas as condições. A eles devo tudo que conquistei e conquistarei, e agradecimentos nunca serão suficientes. Pai, Mãe, obrigado por tudo!

À minha irmã, Carolina, pela constante preocupação e por fazer da diferença uma constante fonte de aprendizado.

A toda a minha família, por tudo de que precisa um neto, sobrinho, primo, etc.

À Flávia, por sua dedicação, apoio, paciência, companheirismo e, fundamentalmente, por seu imenso amor. Flá, eu te amo!

Aos amigos, por todos os bons momentos.

Ao Professor Marco Aurélio de Mesquita, pela orientação e compreensão.

À Poli e aos professores, pela formação não apenas de um Engenheiro, mas de um cidadão e uma pessoa muito melhor do que em 2006.

Enfim, a todos que, de uma maneira ou de outra, me ensinaram a ver tudo pelo melhor lado.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido para aprimorar a classificação e a gestão de estoques de peças de reposição, em uma empresa do setor da linha branca. Realizou-se uma análise crítica dos processos atuais, na qual se constatou um agrupamento inadequado de peças de reposição com características diferentes dentro da mesma classe. A classificação foi reformulada, promovendo a separação dos itens agrupados inadequadamente e facilitando a detecção de classes problemáticas através dos indicadores de nível de atendimento. A proposta feita em relação à gestão do estoque consistiu no desenvolvimento de um sistema que simula um modelo de controle de estoques baseado em previsões de demanda. A partir das simulações, foram detectadas oportunidades para a redução dos níveis de estoque, sem causar a redução do nível de atendimento. À simulação, foi adicionado um sistema de interface com o usuário, visando à implementação dessa ferramenta na administração dos estoques de peças de reposição.

Palavras-chave: Gestão de Estoques. Peças de Reposição. Linha Branca. Previsão de Demanda

ABSTRACT

This work was developed to improve the spare parts classification and management, in a home appliances manufacturing company. A critical analysis of the current process was done, and it was detected that spare parts with different characteristics are actually put in the same class. The classification was reformulated and the items improperly grouped were separated into different classes. The reformulation also makes the problematic classes detection easier through the service level indicators. In respect to the inventory control, it was developed a simulation system of a inventory control model based on demand forecast. From the simulations, opportunities were detected to reduce inventory levels without service level reductions. In addition to the simulation, it was proposed a user-friendly system to help the implementation of this tool in the spare parts inventory management.

Keywords: Inventory Management. Spare Parts. White Appliance Products. Demand Forecasting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Logomarca Whirlpool Corporation	14
Figura 1-2: Logomarca Embraco.....	15
Figura 1-3: Logomarca Whirlpool Latin America	15
Figura 1-4: Logomarca Brastemp.....	16
Figura 1-5: Produtos Brastemp.....	17
Figura 1-6: Produtos e Logomarca Consul.....	17
Figura 1-7: Logomarca <i>KitchenAid</i>	18
Figura 1-8: Batedeira <i>KitchenAid</i> , "Ícone Americano"	19
Figura 1-9: Organograma Whirlpool simplificado.....	20
Figura 2-1: Curva ABC do valor versus quantidade de itens.	24
Figura 2-2: Sistemas de controle de estoque.	25
Figura 2-3: Sistema de revisão contínua.....	27
Figura 2-4: Sistema de revisão periódica.	28
Figura 2-5: Sistema de reabastecimento opcional.	29
Figura 2-6: Planejamento de vendas e de operações.	31
Figura 2-7: Elementos relacionados em um sistema organizacional de previsão.	32
Figura 3-1: Macro visão da cadeia de suprimentos de peças de reposição	41
Figura 3-2: Fontes de fornecimento das peças de reposição recebidas no CD-SP.....	42
Figura 3-3: Fluxo de planejamento das aquisições de peças de reposição.....	43
Figura 3-4: Causas da indisponibilidade de peças de reposição.....	44
Figura 3-5: Quantidade de SKUs.....	45
Figura 4-1: O processo de previsão de demanda.....	66
Figura 4-2: Evolução do nível de atendimento e aumento do estoque.....	68
Figura 4-3: Planilha de Simulação	69
Figura 4-4: Fluxo da simulação do modelo baseado em previsões de demanda.....	71
Figura 4-5: Representatividade das peças com <i>lead time</i> menor ou igual a 30 dias.	75
Figura 4-6: Histórico da demanda total das peças de reposição.....	79
Figura 4-7: Menu inicial do sistema de simulação.....	83
Figura 4-8: Tela de <i>input</i> das peças para simulação.....	84
Figura 4-9: Tela de <i>input</i> das peças, com parâmetros de suavização.....	85
Figura 4-10: Menu de relatórios dos resultados.	86
Figura 4-11: Tela do relatório resumido dos resultados.....	87

Figura 4-12: Tela do relatório detalhado.....	88
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Tabela de fatores de segurança.....	30
Tabela 3-1: Critérios qualitativos, condições e atributos das peças de reposição.	47
Tabela 3-2: Critérios quantitativos, condições e atributos das peças de reposição.	48
Tabela 3-3: Relação das origens e aplicações das peças.	50
Tabela 3-4: Esquema de Classificação de peças.	52
Tabela 3-5: Classificação atual das peças e estratégias de reposição do estoque.....	53
Tabela 3-6: Nova classificação com dez classes diferentes.	55
Tabela 3-7: Classificação reformulada das peças e estratégias de reposição do estoque.....	57
Tabela 3-8: Indicação de níveis de atendimento e estoque, com a nova classificação.....	58
Tabela 3-9: Análise de resultados por classes, com nível de atendimento na nomenclatura. ..	59
Tabela 4-1: Definição do Fator de Segurança.	61
Tabela 4-2: Fator de Flexibilidade.....	62
Tabela 4-3: Critérios para definição do multiplicador do lote econômico.	62
Tabela 4-4: Cálculo do erro das previsões.....	72
Tabela 4-5: Simulação de compras, faltas e posição final de estoque.....	74
Tabela 4-6: Possíveis valores para o parâmetro do estoque de segurança.	76
Tabela 4-7: Parâmetros do estoque de segurança e níveis de atendimento.	77
Tabela 4-9: Redução dos estoques de segurança.....	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CD	Centro de Distribuição
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
L.A.R.	<i>Latin America Region</i>
MTO	<i>Make To Order</i>
NPI	<i>New Products Introduction</i>
PCPM	Planejamento e Controle da Produção e de Materiais
PIVO	Planejamento Integrado de Vendas e Operações
RH	Recursos Humanos
SA	Serviço Autorizado
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. A EMPRESA.....	14
1.2. PRODUTOS E MARCAS.....	16
1.3. A ÁREA DE PLANEJAMENTO INTEGRADO DE VENDAS E OPERAÇÕES.....	19
1.4. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS DO TRABALHO	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1. GESTÃO DE ESTOQUES.....	23
2.2. S&OP.....	30
2.3. PREVISÃO DE DEMANDA	31
2.4. PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	38
3. CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	41
3.1. A CADEIA DE SUPRIMENTOS DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO WHIRLPOOL.....	41
3.2. PROCESSOS INTERDEPARTAMENTAIS DE PLANEJAMENTO	42
3.3. CLASSIFICAÇÃO ATUAL DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	44
3.4. DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DA CLASSIFICAÇÃO ATUAL.....	53
3.5. PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS	54
4. GESTÃO DOS ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....	61
4.1. MODELOS ATUAIS DE GESTÃO DOS ESTOQUES	61
4.2. DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DA ATUAL GESTÃO DOS ESTOQUES	67
4.3. SIMULAÇÃO DO CONTROLE COM BASE EM PREVISÕES DE DEMANDA ...	69
4.4. PRINCIPAIS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....	78
4.5. SISTEMA DE INTERFACE COM O USUÁRIO.....	82
5. CONCLUSÕES.....	89
5.1. SÍNTESE	89
5.2. ANÁLISE CRÍTICA	90
5.3. DESDOBRAMENTOS	91
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de formatura foi elaborado na empresa Whirlpool S.A., mais especificamente em seu setor de Planejamento Integrado de Vendas e Operações (PIVO) de peças de reposição. As principais atribuições dessa área consistem em programar o recebimento de peças de reposição, disponibilizando-as aos clientes, e gerenciar os níveis de estoque de tais peças.

O negócio de peças de reposição representa um ramo fundamental para as operações da companhia. Essa importância é devida não somente à sua relação com a prestação de serviço pós-venda e satisfação do cliente, mas também por sua elevada rentabilidade. No entanto, a estrutura organizacional dedicada a este setor não se compara àquela dedicada ao negócio de produtos acabados, o que se traduz em processos pouco desenvolvidos e deficientes.

Logo, oportunidades para se desenvolver um projeto capaz de trazer resultados concretos para a empresa não faltam. Neste Trabalho de Formatura, abordaram-se os processos de gestão de estoques e previsão de demanda de peças de reposição, pois a gestão de estoque é um dos centros de atuação do PIVO, e as previsões de demanda são constantemente utilizadas pelos profissionais da área para a realização do planejamento. Propõe-se uma reavaliação do atual processo de classificação e melhorias nos parâmetros estabelecidos por esse processo, em relação ao planejamento das aquisições de peças de reposição.

Estruturou-se o trabalho de formatura em cinco capítulos:

O Capítulo 1 introduz o contexto do trabalho, apresentando a empresa e parte de seu histórico. Também se dedica uma seção aos produtos e marcas da empresa. Em seguida, expõem-se as atividades desenvolvidas pelo autor deste trabalho, durante o programa de estágio. Na seção que encerra o primeiro capítulo, ressalta-se a motivação do trabalho, com base na relevância do tema e nas necessidades da organização.

O Capítulo 2 trata das ferramentas conceituais utilizadas para a elaboração do trabalho. Ali se apresenta a revisão bibliográfica relacionada aos principais assuntos abordados durante a formulação e análise do problema, bem como a definição e escolha da solução proposta.

O trabalho se divide em duas propostas principais. Uma está relacionada à classificação das peças de reposição, abordada no capítulo 3 e a outra à gestão dos estoques dessas peças, abordada no capítulo 4.

Portanto, no Capítulo 3, o tema central é a classificação das peças de reposição. Apresentam-se brevemente a cadeia de suprimentos das peças de reposição da Whirlpool e os processos interdepartamentais de planejamento. Em seguida, a atual classificação das peças é descrita em detalhes, fundamentando o diagnóstico dos problemas encontrados. Esses problemas são abordados na última seção do capítulo, na qual se propõe uma reformulação da atual classificação.

O Capítulo 4 é voltado à gestão dos estoques de peças de reposição. O capítulo é estruturado de maneira semelhante ao anterior: descrevem-se e analisam-se criticamente os atuais modelos aplicados para o controle dos estoques, apontando-se seus principais problemas. Ao fim do capítulo, propõe-se uma simulação de um modelo de gestão baseado em previsões de demanda.

O Capítulo 5 traz a conclusão do trabalho. Faz-se uma análise crítica dos resultados obtidos, levantando dificuldades encontradas durante a realização dos estudos e da implantação da proposta. Sugere-se, por fim, desdobramentos futuros para o trabalho.

1.1. A Empresa

A Whirlpool Corporation é líder mundial do setor de linha branca, presente em mais de 170 países, composta por cerca de 70 mil colaboradores, com faturamento de aproximadamente US\$ 21 bilhões, em 2008 (WHIRLPOOL S.A. 2009). A empresa está presente no Brasil desde 1958, quando firmou uma parceria tecnológica com a companhia brasileira Brasmotor S.A., que suspendia sua montagem de veículos e desejava incrementar os setores comercial e industrial de eletrodomésticos. Formava-se assim a Multibrás S.A.



Figura 1-1: Logomarca Whirlpool Corporation

Os laços entre as empresas fortaleceram-se gradativamente, a Consul e a Empresa Brasileira de Compressores (Embraco) foram incorporadas ao Grupo Brasmotor, e, em janeiro de 2000, a Whirlpool adquiriu as ações da Multibrás S.A. Eletrodomésticos e da Brasmotor S.A., passando a deter aproximadamente 95% do capital das duas empresas. Em 2006 surgiu a Whirlpool S.A. a partir da reorganização societária entre a Multibrás S.A. Eletrodomésticos e a Embraco. No ano seguinte, a Whirlpool S.A. tornou-se também a responsável pelos negócios da região *North America South* (NARSO), divisão internacional da Whirlpool Corporation criada havia dez anos, responsável pelo atendimento restrito aos países latinos.

Dado este novo cenário, a empresa redefiniu suas marcas corporativas em 2008. A Embraco foi restabelecida para manter sua atuação no segmento de compressores e soluções de refrigeração e foi criada a Whirlpool Latin America, cuja responsabilidade se estende sobre todos os negócios relacionados a eletrodomésticos na América Latina.



Figura 1-2: Logomarca Embraco



Figura 1-3: Logomarca Whirlpool Latin America

Através das marcas Brastemp®, Consul® e KitchenAid®, a Whirlpool Latin America apresentou faturamento de aproximadamente R\$ 5 bilhões, contando com cerca de 21 mil colaboradores. A divisão possui 3 unidades fabris (Rio Claro, Joinville e Manaus), 8 escritórios administrativos (São Paulo, Bogotá, Cidade da Guatemala, Lima, Miami, Cuenca, La Tablada e Santiago), e 3 centros de distribuição (São Paulo-SP, Rio Claro-SP e Jaboatão dos Guararapes-PE).

1.2. Produtos e Marcas

Brastemp

A marca Brastemp nasceu em 1954, quando a Brasmotor decidiu fabricar geladeiras de marca própria. O nome originou-se da combinação das palavras “Brasil” e “Temperatura”. Desde o início, firmou-se uma parceria tecnológica com a empresa americana Whirlpool Corporation, líder mundial no setor de linha branca.



Figura 1-4: Logomarca Brastemp

A liderança do mercado brasileiro, estabelecida desde 1973, foi conquistada pela Brastemp através do então inédito sistema automático, por agitação e centrifugação, de suas lavadoras de roupa. Esse tipo de produto era fabricado desde 1959. Em 1960, a Brastemp lançou seu primeiro fogão e expandiu gradativamente seu portfólio de produtos da linha branca, por exemplo: geladeira de duas portas (1964), secadora de roupas (1965), lava-louças (1977), *freezer* vertical (1978). Na década de 80 a marca promoveu duas importantes inovações tecnológicas para o setor: o sistema *Frost-Free*, que impede a formação de gelo no interior dos refrigeradores, e o conceito de *Twin System*[®], que reúne refrigerador na parte superior e *freezer* na inferior, adaptando o produto a cômodos de dimensões reduzidas.

Atualmente a marca continua inovando em seus produtos com lançamentos como o *Prêt-à-Porter* (desodorizador de roupas), mini refrigerador *Rctrô*, mini lavadora *Eggo*, aspirador de pó *Fly* (formato de vassoura), além de proporcionar aos consumidores a customização das cores, estrutura e disposição interna de refrigeradores, fogões e lava-louças, através da linha *You*.

Por meio da inovação, aliada à alta qualidade, a Brastemp busca em seus produtos a diferenciação em *design* e tecnologia. Adotando um termo comum quando se refere à segmentação de mercado, a Brastemp é a primeira linha da Whirlpool no Brasil, sendo a

Consul a segunda linha. Costuma-se afirmar que a Brastemp é voltada para as classes A e B brasileiras, dando atenção também aos jovens consumidores.



Figura 1-5: Produtos Brastemp

Consul

A marca Consul surgiu em Santa Catarina, na década de 1940, nomeando uma oficina artesanal de anzóis, agulhas e guias, correntes e aros de bicicletas, talheres, entre outros utensílios, em homenagem ao seu financiador Carlos Renaux, que havia recebido tal título honorário do Brasil na Holanda. A primeira geladeira ali produzida ficou pronta em 1947. A Indústria de Refrigeração Consul S.A. foi então fundada em Joinville, no ano de 1950.



Figura 1-6: Produtos e Logomarca Consul

O crescimento da empresa durante os anos 60 baseou-se no desenvolvimento e inovação dos refrigeradores, com produtos como o modelo Consul Júnior, precursor do frigobar; o lançamento da linha “Capacidade Total”, cujos refrigeradores tinham suas paredes comprimidas para ampliar o espaço interno; e o Supercongelador, o primeiro *freezer*

doméstico. Em 1971, criou-se a Empresa Brasileira de Compressores (Embraco), como o intuito de diminuir os custos, passando a produzir internamente esse principal componente funcional das geladeiras, que antes se importava. No mesmo ano, a Consul lançou o primeiro condicionador de ar fabricado inteiramente no Brasil.

O catálogo de produtos da marca foi ampliado em 1980 para as secadoras de roupas, e, na década de 90, para fogões, fornos de microondas e lavadoras. Atualmente, a linha Consul possui os mais variados produtos de linha branca: refrigeradores, *freezers* horizontais e verticais, condicionadores de ar, fogões e lavadoras, lava-louças, depuradores de ar, centrífuga de roupas, fornos de microondas e ventilador de teto.

Segundo a estratégia de segmentação do mercado, a Consul seria a segunda linha da Whirlpool no Brasil, voltada às classes C e D, pois seus produtos encaixam-se em um patamar de preços inferior aos da Brastemp. As campanhas de publicidade da Consul são voltadas a um mercado mais tradicional, principalmente chefes de família e donas de casa. No entanto, não faz parte da estratégia da companhia diferenciar as duas marcas em relação à qualidade e à confiabilidade dos produtos.

KitchenAid

A marca *KitchenAid* teve início com a invenção da batedeira, em 1908, por Hebert Johnston. Seu nome surgiu a partir da declaração entusiasmada da esposa de um dos investidores para quem Johnston apresentava o protótipo doméstico de seu invento. Ela exclamou: “*I don’t care what you call it, it’s the best **kitchen aid** I’ve ever had*” (“Não me importa como vocês a chamam, é o melhor **auxílio de cozinha** que eu já tive”).



Figura 1-7: Logomarca *KitchenAid*

A crise de 1930 prejudicou imensamente todo o mercado consumidor dos Estados Unidos, o que levou a *KitchenAid* a lançar modelos mais baratos, mas com a mesma qualidade. Assim, seus produtos conseguiram não só manter seus antigos consumidores, mas também atrair novos mercados. Para agradar seu crescente público, a *KitchenAid* convidou o *designer* Egmond Arens para desenvolver um novo modelo de batedeira. A criação de Arens se consagrou, tornando-se um “Ícone Americano”. Nas décadas seguintes o catálogo de produtos da marca foi gradativamente ampliado, adicionando, em 1986, os produtos tradicionais da linha branca – refrigeradores, fogões, etc. Atualmente, a marca possui uma completa linha de eletrodomésticos portáteis e utensílios para cozinha do mundo.



Figura 1-8: Batedeira *KitchenAid*, “Ícone Americano”

Em 2008, a linha *KitchenAid* chega ao Brasil. Os produtos importados são direcionados ao seletor grupo que considera a experiência na cozinha um dos momentos mais especiais da vida, oferecendo performance, versatilidade e *design*, inspirados no mundo da culinária profissional. Para os brasileiros, a *KitchenAid* mostra-se como a grife dos eletrodomésticos.

1.3. A Área de Planejamento Integrado de Vendas e Operações

Neste trabalho, os estudos se concentrarão sobre as atividades da área de Planejamento Integrado de Vendas e Operações de peças de reposição (PIVO-Peças). Esse foco deve-se ao fato de o autor do presente Trabalho de Formatura ter realizado seu programa de estágio nesta área da empresa, o que facilitou o acesso a informações, a formulação do problema a ser tratado e a aplicação das melhorias propostas.

Na estrutura organizacional da Whirlpool, o PIVO-Peças está dentro da Diretoria de Vendas e Logística, sob a Gerência Geral de Planejamento de Operações e Comércio Exterior. A Figura 1-9 mostra o organograma simplificado da Divisão sul-americana da empresa, com destaque para a Diretoria e a Gerência Geral que abrangem o PIVO-Peças.

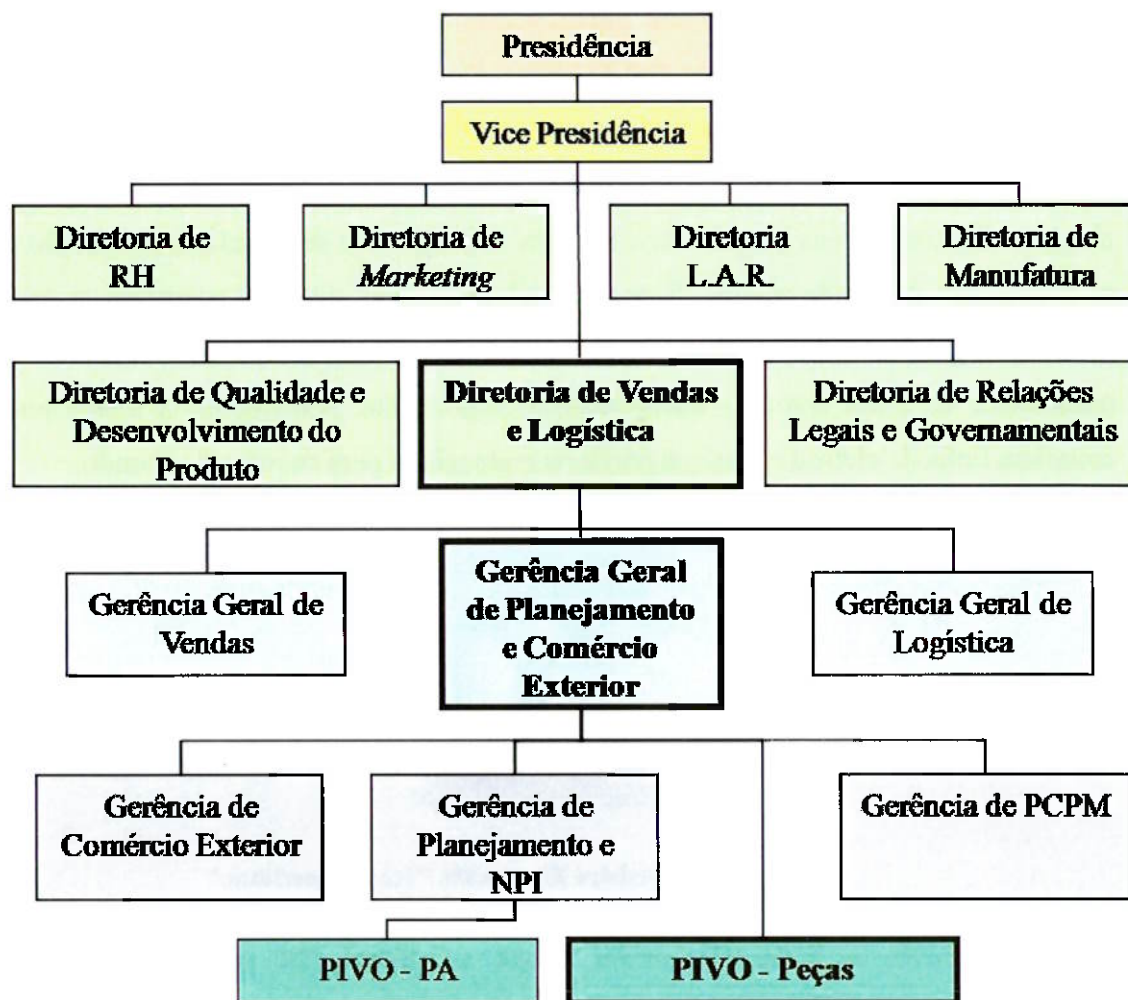


Figura 1-9: Organograma Whirlpool simplificado.

Observa-se a distinção entre a área de Planejamento Integrado de Vendas e Operações de produtos acabados (PIVO-PA) e o PIVO-Peças. As áreas são independentes e não possuem nenhum processo formal de integração ou alinhamento entre si, apesar da semelhança entre suas funções. O mesmo acontece com outras áreas que são dedicadas exclusivamente ao negócio de peças de reposição, por exemplo: área Comercial, Logística, Suprimentos, etc. Essas áreas se localizam no Centro de Distribuição de São Paulo (CD-SP), que também abriga depósitos de produtos e peças de reposição.

As principais atividades do PIVO-Peças e sua interação com as demais áreas envolvidas no negócio de peças de reposição serão detalhadas no Capítulo 3.

1.4. Definição do Problema e Objetivos do Trabalho

Considerando as principais atividades desempenhadas pela área de PIVO-Peças, o problema analisado neste Trabalho de Formatura relaciona-se à utilização da classificação das peças de reposição para a gestão de seus estoques. A separação em classes tem por objetivo dar tratamentos diferentes a peças com características diferentes. Justifica-se, portanto, uma avaliação da relação entre as classes e os modelos de gestão a elas aplicados, buscando oportunidades para a redução da quantidade de peças mantidas em estoque e para a melhoria do nível de atendimento, ou seja, redução do número de faltas de peças de reposição.

A classificação de uma peça de reposição possui diversos fatores, tais como a recorrência, variabilidade e previsibilidade da demanda, funcionalidade da peça dentro do eletrodoméstico, relevância para o estoque, etc. A existência de tantos fatores dificulta a definição de políticas de estoque, pois cada combinação entre esses fatores pode exigir uma estratégia diferente para a gestão do estoque.

Parte da classificação das peças se baseia em valores de corte, determinados empiricamente. No entanto, tais valores não são atualizados ou reavaliados com frequência e não se mantém um controle do impacto desses valores – e de suas variações – sobre os níveis de estoque e de atendimento.

Além disso, há o fator qualitativo da classificação, que segue critérios pré-estabelecidos e sem reavaliação periódica. Para esse tipo de classificação, há a necessidade da transformação dos critérios qualitativos em parâmetros quantitativos, para que os cálculos envolvidos na escolha do modelo de estoque considerem tal classificação. Realiza-se essa transformação por meio de fatores que também não têm um processo de reavaliação estabelecido. Por isso, os valores utilizados atualmente podem ser inadequados às características das peças ou à estratégia da empresa.

A grande quantidade de códigos (SKU's) sob a gestão do PIVO-Peças impõe outra dificuldade muito relevante para a área. Os analistas trabalham apenas em casos de urgência – falta de peças – ou em peças de alto giro no estoque. O trabalho, que deveria consistir principalmente no planejamento de médio e longo prazo, tem seu foco no controle e acompanhamento dos pedidos feitos junto aos fornecedores das peças de reposição, e os planos de ação são majoritariamente de curto prazo.

Embora muitas das características apontadas como problemáticas sejam inerentes ao mercado de peças de reposição, há a necessidade de se implantar sistemas e processos que busquem atenuar ou contornar tais complicações.

Neste contexto, o objetivo do presente Trabalho de Formatura é a elaboração de propostas que resultem no aumento da disponibilidade de peças e na redução dos níveis de estoque necessários para garantir o nível de atendimento almejado pela companhia. O Trabalho divide-se em duas propostas principais:

1. Avaliação e reformulação do atual sistema de classificação das peças de reposição. Por um lado, a reformulação busca garantir que peças com características consideravelmente distintas não recebam a mesma classificação. Por outro lado, a criação de novas classes facilita e, ao mesmo tempo, aprimora a análise do desempenho das peças, quando observadas em grupos.
 2. Sistema de simulação de um modelo de estoque baseado em previsões de demanda. O intuito da simulação é identificar peças que, administradas segundo esse tipo de modelo, representam oportunidades para a redução dos estoques sem prejudicar os níveis de atendimento.
-

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica em que se apoiam as análises dos problemas encontrados e proposições de solução. Expõem-se teorias relacionadas à gestão de estoques e previsão de demanda, estudos sobre peças de reposição e conceitos referentes ao Planejamento Integrado de Vendas e Operações, que corresponde ao termo em inglês *Sales and Operations Planning* (S&OP).

2.1. Gestão de Estoques

Entre os fatores que influenciam as decisões relativas à gestão de estoques estão (ARNOLD, 1999):

- **Tipos de estoque com base no fluxo de material** (estoques de matérias-primas; de produtos em processamento; de produtos acabados; de distribuição; ou suprimentos de manutenção, de reparo e de operação).
- **Padrões de suprimento e demanda.**
- **Funções desempenhadas pelo estoque** (antecipação, flutuação, tamanho do lote, transporte ou especulação).
- **Objetivos da administração de estoques** (excelência no atendimento aos clientes, operação de fábrica de baixo custo e investimento mínimo em estoque).
- **Custos do estoque** (custo por item, custos de manutenção, custos de pedidos, custos de esvaziamento de estoque e custos relacionados à capacidade).

Além disso, os estoques têm grande importância financeira para empresas de manufatura, uma vez que representam de 20% a 60% dos ativos totais, no balanço patrimonial. Por isso, o desempenho financeiro de estoques deve ser medido, por exemplo, através da taxa de giro de estoque ou do período de suprimento.

Outra importante medida do desempenho do estoque é o nível de atendimento. Essa medida se trata da porcentagem complementar da falta de estoque. Por exemplo, em uma situação em que, de 100 quantidades demandadas, 5 não estavam disponíveis em estoque, houve 5% de falta de estoque, ou seja, obteve-se um nível de atendimento de 95%.

Para exercer o controle de estoque, controlam-se individualmente os itens, chamados de **unidades para armazenamento em estoque** (*stock-keeping units* – SKUs). Com base na

importância para o estoque, determina-se como o item será controlado, quantas unidades devem ser pedidas de cada vez e quando um pedido deve ser emitido.

Uma ferramenta utilizada com frequência para indicar a importância dos itens para o estoque é a **Curva ABC**, que se baseia no princípio de que uma pequena quantidade de itens representa grande parte dos resultados atingidos, em qualquer situação. Aplicando-a à administração de estoques, geralmente se observa que 20% dos itens correspondem a 80% da utilização em valores monetários (Classe A), 30% dos itens a 15% de utilização (Classe B) e os outros 50% dos itens aos 5% restantes de utilização (Classe C). A Figura 2-1 ilustra uma Curva ABC genérica:

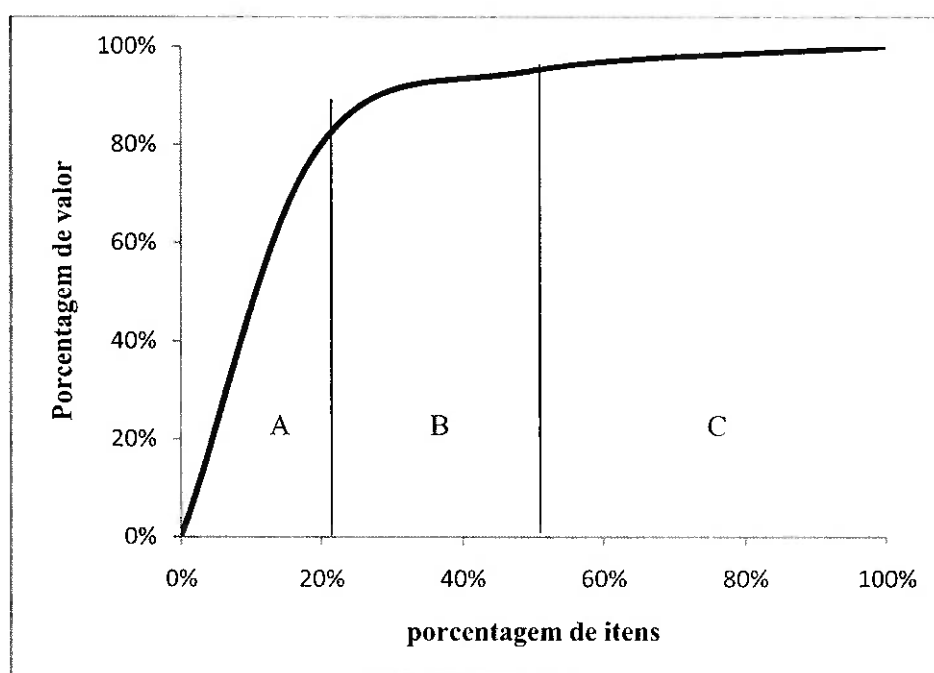


Figura 2-1: Curva ABC do valor versus quantidade de itens.

FONTE: Arnold (1999).

A partir da definição das classes ABC, pode-se diferenciar o controle aplicado a cada item. Itens A recebem alta prioridade, com revisões frequentes do estoque e das previsões de demanda, bem como ações para reduzir o *lead time*. Itens B, de prioridade média, exigem controles e atenção intermediários. Já os itens C têm menor prioridade e, eventualmente, não necessitam de acompanhamento regular, sendo os pedidos em grandes quantidades preferenciais, para formar um estoque de segurança.

Os modelos de estoque que permitem tomar as decisões de quando e quanto abastecer sem que seja necessário obter previsões sobre a demanda são denominados reativos – a demanda, na maioria dos casos, é considerada contínua, com média constante e explicada por

uma distribuição de probabilidade fixa e conhecida no tempo. Em contrapartida, são denominados modelos ativos aqueles que utilizam previsões de demanda para o ajuste de parâmetros relacionados à tomada de decisões de abastecimento (SANTORO; FREIRE, 2008).

De acordo com Tersine (1994), é difícil classificar os modelos de estoque de uma maneira ordenada, pois há diversos tipos de modelos e há combinações especiais dos modelos mais comuns. Apesar dessa dificuldade, frequentemente os modelos são agrupados de acordo com situações da demanda e doutrinas de operação. A Figura 2-2 apresenta uma simplificação desse agrupamento, detalhando sistemas baseados em demanda independente:

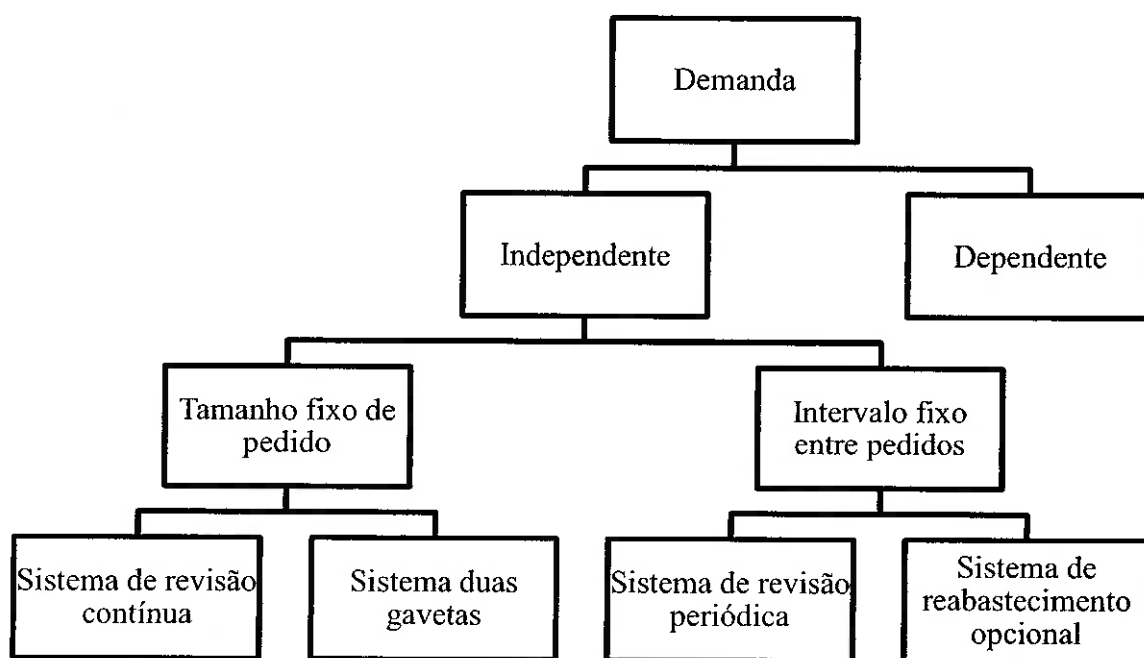


Figura 2-2: Sistemas de controle de estoque.

FONTE: Adaptado de Tersine (1994)

A determinação do tamanho do pedido, idealmente, busca minimizar o custo do pedido e da armazenagem em estoque. O método mais utilizado para isso é a Quantidade Econômica de Pedido (QEP), que se baseia nas seguintes suposições:

- A demanda é relativamente constante e conhecida.
- O item é produzido ou comprado em lotes.
- Os custos de pedido e de armazenagem também são constantes e conhecidos.
- A reposição ocorre imediatamente.

A fórmula da QEP é:

$$QEP = \sqrt{\frac{2DC_p}{iC_u}}$$

Onde:

D = consumo anual, em unidades

C_p = Custo de emissão do pedido

i = taxa de custo anual de armazenagem

C_u = Custo unitário do item

A fórmula da QEP pode ser adaptada a diversas situações particulares. De acordo com Prichard e Eagle (1965), o objetivo de minimizar custos de pedido e de armazenagem é apenas uma possibilidade, quando se trata de tomada de decisões na administração de estoque. No entanto, muitas vezes os objetivos estão implícitos, vagos ou nem mesmo existem. Como aqueles dois tipos de custos podem variar de acordo com a quantidade requisitada, influenciando-a, opta-se por utilizá-los como variáveis.

A decisão sobre quando realizar um pedido deve levar em consideração a quantidade restante no estoque. Essa quantidade pode ser verificada periodicamente ou continuamente, isto é, a cada movimentação do estoque. Isso dá à decisão um aspecto temporal, que pode ser aproveitado quando há limitações em relação a datas em que se pode realizar o pedido.

No sistema de revisão contínua, a quantidade de material restante no estoque deve ser verificada a cada movimentação. O pedido de tamanho fixo é realizado quando o estoque atinge determinado nível, chamado de Ponto de Pedido ou Ponto de Ressuprimento (R), e calculado da seguinte forma:

$$R = DMDLT + E.S.$$

Onde:

DMDLT = Demanda média durante o *lead time*

E.S. = Estoque de segurança

A Figura 2-3 representa o comportamento, ao longo do tempo, do nível de estoque, quando este é administrado seguindo o sistema de revisão contínua. Nota-se que a quantidade do pedido, representada pelos segmentos verticais, são sempre iguais.

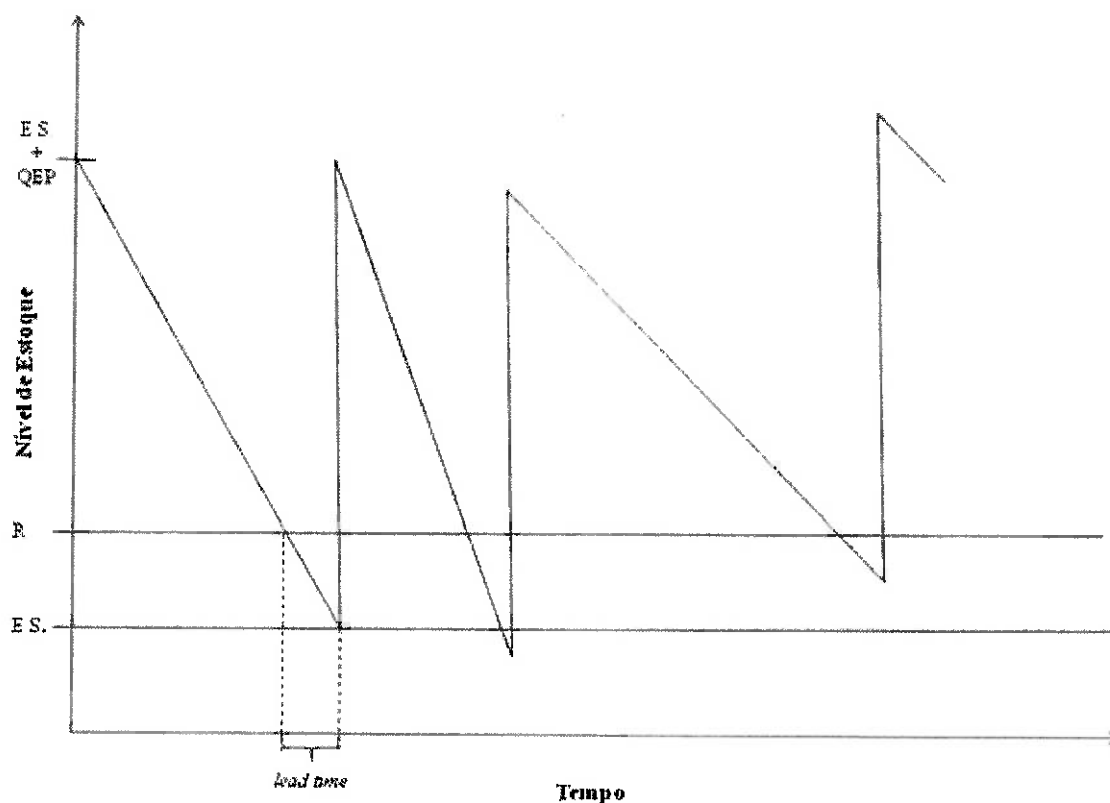


Figura 2-3: Sistema de revisão contínua.

FONTE: Adaptado de Tersine (1994).

O sistema duas gavetas é uma adaptação do sistema de revisão contínua para eliminar a necessidade de se verificar o nível do estoque a cada movimentação. Reserva-se uma quantidade igual ao Ponto de Ressuprimento, que não deve ser movimentada até que o estoque principal se esgote. Então, quando o estoque reservado for exigido, dispara-se o pedido para reabastecimento.

No sistema de revisão periódica, a quantidade disponível no estoque é verificada a intervalos de tempo fixos. A cada verificação, gera-se um pedido para repor o estoque em um nível máximo, que pode ser calculado da seguinte maneira:

$$EM_{\text{máx}} = d(T+L) + E.S.$$

Onde:

$EM_{\text{máx}}$ = Nível máximo de estoque

d = Demanda por unidade de tempo

T = Duração do período de revisão

L = Duração do *lead time*

Nesse sistema, a quantidade do pedido (Q) varia de acordo com a posição de estoque (E) no momento da revisão:

$$Q = EMáx - E$$

A Figura 2-4 representa o comportamento, ao longo do tempo, do nível de estoque, quando este é administrado seguindo o sistema de revisão periódica. Nota-se que o intervalo entre os pontos de revisão, representados pelas letras “F”, “H” e “J”, é constante, mas a quantidade do pedido, representada pelos segmentos verticais, pode variar.

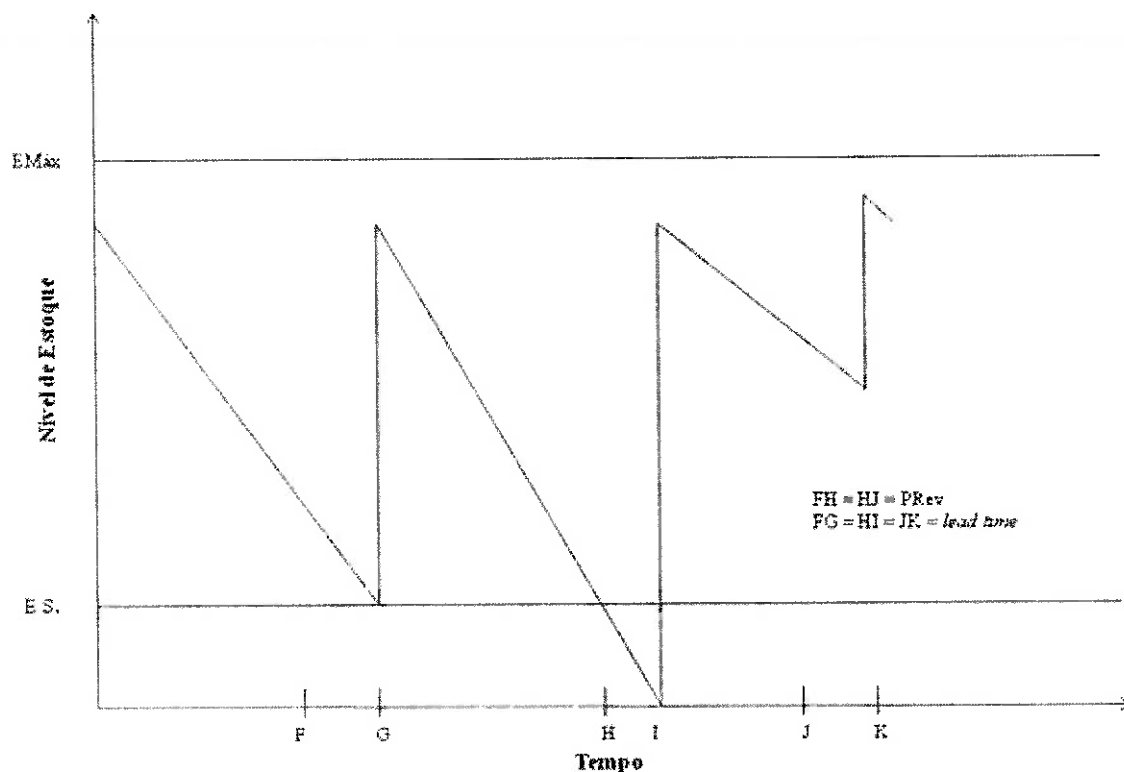


Figura 2-4: Sistema de revisão periódica.

FONTE: Adaptado de Tersine (1994).

O sistema de reabastecimento opcional é um híbrido dos sistemas de revisão contínua e periódica. O estoque é verificado periodicamente, mas um pedido só é realizado quando se constata que a quantidade em estoque é igual ou menor do que um determinado ponto de ressuprimento. Então, realiza-se o pedido com a quantidade necessária para formar o nível máximo de estoque.

A Figura 2-5 representa o comportamento, ao longo do tempo, do nível de estoque, quando este é administrado seguindo o sistema de reabastecimento opcional. Nota-se que o intervalo entre os pontos de revisão, representados pelas letras “F”, “G”, “I”, “J”, “L”, “M” e

“N”, é constante, mas a quantidade do pedido, representada pelos segmentos verticais, pode variar. Além disso, o pedido não é disparado em todos os momentos de revisão, somente quando o estoque está abaixo do nível B.

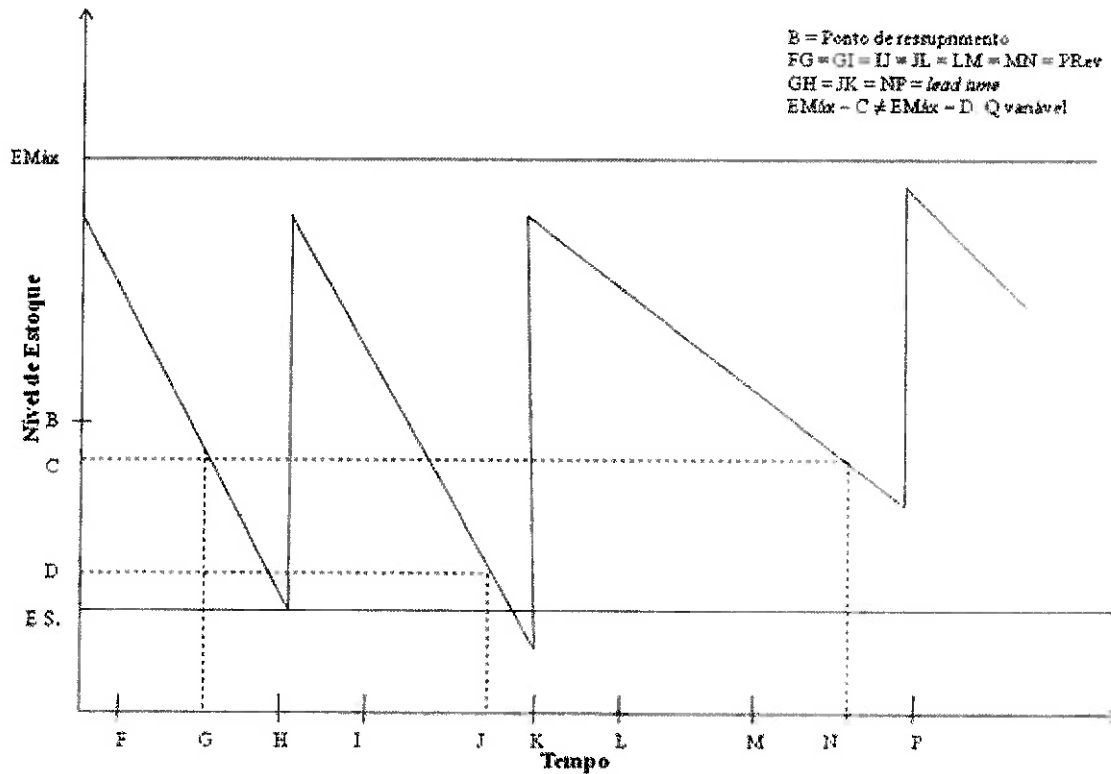


Figura 2-5: Sistema de reabastecimento opcional.

FONTE: Adaptado de Tersine (1994).

O Estoque de Segurança, na maioria dos casos, tem como principal função evitar faltas em situações nas quais a demanda varia além de seu patamar médio. Por isso, esse estoque está relacionado a uma medida da variação da demanda, o desvio padrão. Quando a demanda se aproxima da Distribuição Normal de probabilidades, pode-se estabelecer uma relação direta entre o nível de atendimento e o tamanho do estoque de segurança necessário para garantir tal nível.

$$E.S. = \sigma * z$$

Onde:

σ = Desvio padrão da demanda

z = Fator de segurança

Tabela 2-1: Tabela de fatores de segurança.

FONTE: Arnold (1999).

Nível de atendimento (%)	Fator de segurança (z)
50	0,00
75	0,67
80	0,84
85	1,04
90	1,28
94	1,56
95	1,65
96	1,75
97	1,88
98	2,05
99	2,33
99,86	3,00
99,99	4,00

2.2. S&OP

O planejamento de operações e de vendas (*Sales and Operations Planning* – S&OP) é um processo dinâmico de revisão contínua do plano estratégico de negócios de uma organização e dos planos de coordenação de suas várias áreas (ARNOLD, 1999).

Entre os benefícios proporcionados por esse planejamento, apontam-se:

- Possibilidade de atualização do plano estratégico de negócios, de acordo com mudanças de condições de mercado. Assim, posiciona-se a administração mais favoravelmente em relação às mudanças, pois se deixa de apenas reagir a elas.
- Coordenação dos planos das diversas áreas para que sejam realísticos e apoiem o plano de negócios.
- Melhoria do planejamento da produção, do estoque e de registro de encomendas.

A Figura 2-6 representa o posicionamento do planejamento de operações e de vendas em uma estrutura de planejamento simplificada.

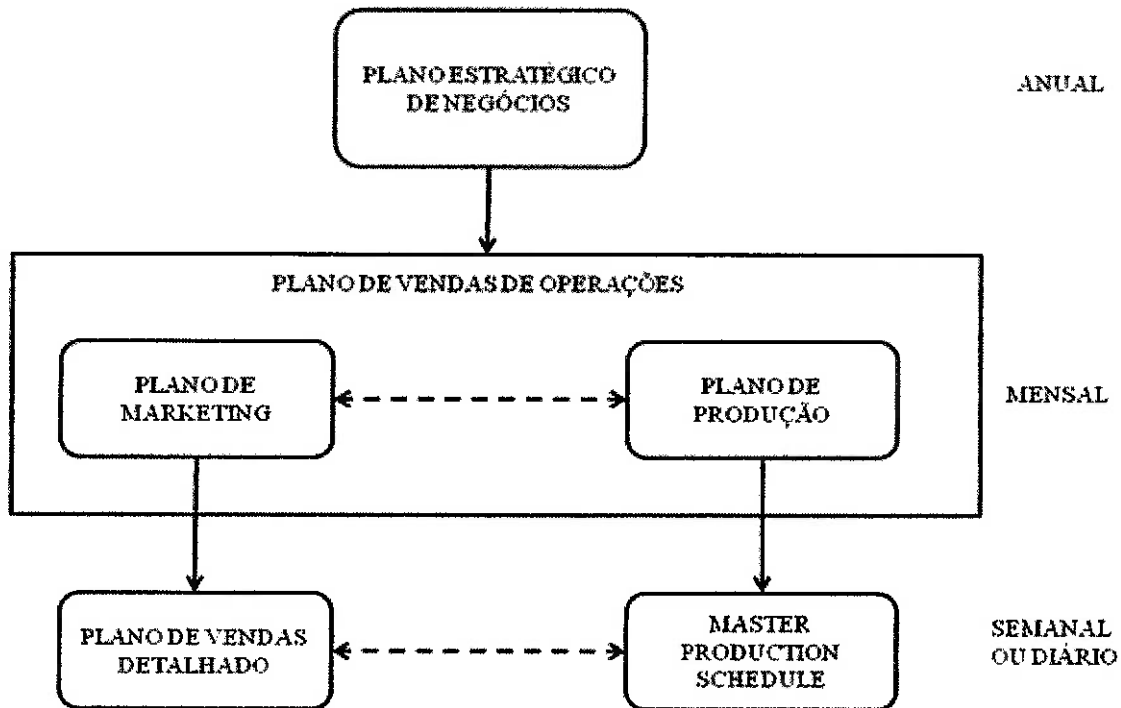


Figura 2-6: Planejamento de vendas e de operações.

FONTE: Arnold (1999).

Lapide (2004) destaca doze fatores de sucesso para o processo de S&OP:

1. Reuniões de S&OP contínuas e rotineiras
2. Pautas estruturadas para as reuniões
3. Trabalho prévio para fornecer informações à reunião
4. Participação das diversas áreas funcionais envolvidas
5. Participantes com poder para tomar decisões
6. Organização responsável e imparcial para garantir um processo disciplinado
7. Processo interno colaborativo que leve a consenso e viabilidade
8. Previsões imparciais para iniciar o processo
9. Planejamentos de suprimento e de demanda ajustados para garantir equilíbrio
10. Medição do processo
11. Apoio de tecnologia de planejamento integrado de suprimento-demanda
12. Aproveitamento de informações externas no processo

2.3. Previsão de Demanda

De acordo com Makridakis et al. (1983), a principal razão para se planejar e fazer previsões é a diferença de tempo entre a percepção de um possível evento e a sua ocorrência

de fato. Se, por um lado, dificilmente se tem certeza do que vai acontecer no futuro, o que torna muito complexo o processo de tomada de decisão, por outro lado, a previsão realizada metódica e sistematicamente auxilia o responsável pelas decisões a lidar com essa incerteza e, por isso, é uma ferramenta muito importante no processo de planejamento, tornando-o mais eficaz e eficiente.

Fala-se em um Sistema de previsão no contexto em que uma organização, que direciona suas ações com base em metas e objetivos, necessita de informações das mais diversas áreas que a compõem. Cada uma dessas áreas faz previsões das suas necessidades e dos resultados que obterá, com base em informações internas e externas – as decisões e planos gerais de uma companhia apoiam-se em seus objetivos, nas demandas da indústria e do mercado, nos planos de *Marketing* de produção e financeiro. Assim, a previsão deve ser uma parte integrada e integrante das atividades de tomada de decisão e gestão do negócio.

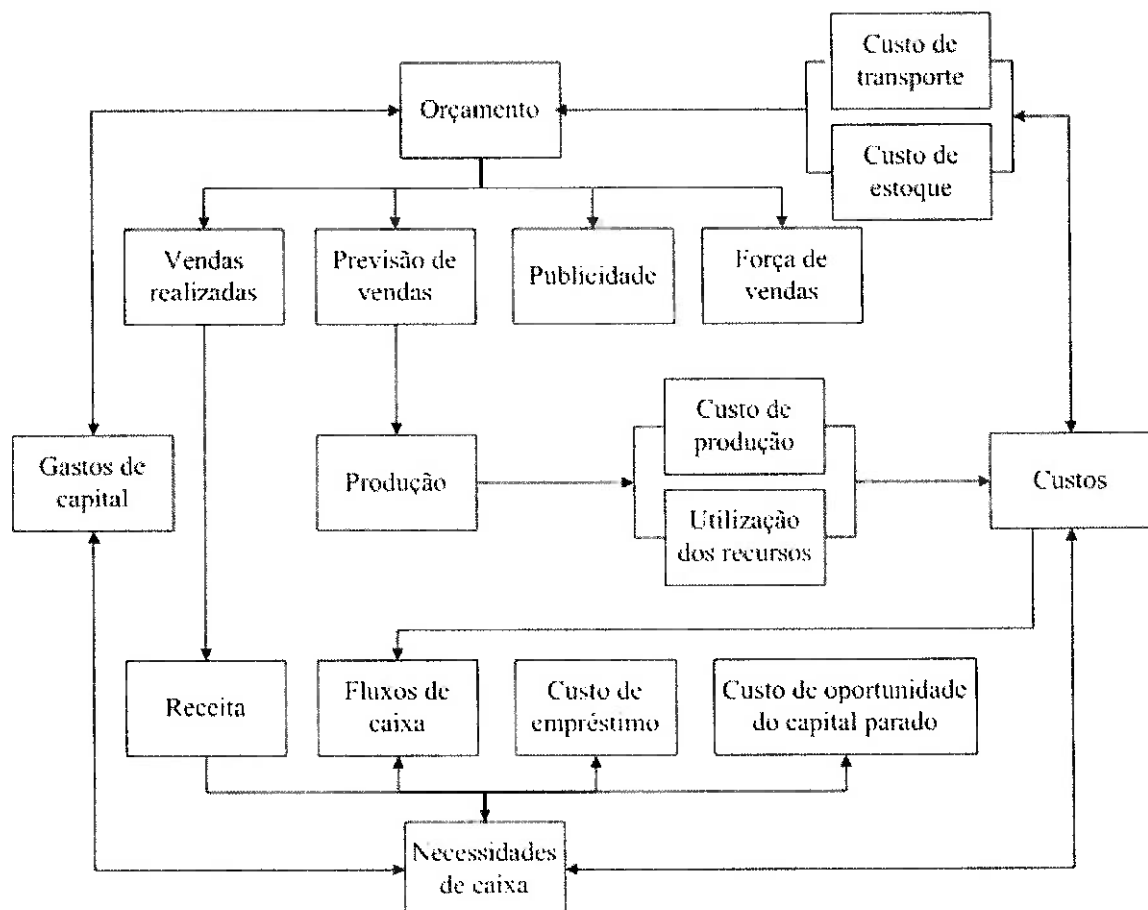


Figura 2-7: Elementos relacionados em um sistema organizacional de previsão.

FONTE: Makridakis et al. (1983)

As previsões de demanda podem ser qualitativas ou quantitativas. As previsões qualitativas não necessitam de dados numéricos, pois se baseiam em pensamento intuitivo, julgamentos e conhecimento acumulado de pessoas qualificadas para tomar decisões sobre o assunto que se deseja prever. Já as previsões quantitativas são feitas a partir de dados, normalmente séries históricas.

Para escolher qual método de previsão adotar, um importante passo é identificar padrões apresentados pelo histórico da demanda. Três tipos de padrão se destacam: demanda com padrão horizontal, no qual os valores se distribuem ao redor de uma média constante; demanda sazonal, observada quando há influência de fatores sazonais, tais como a estação do ano, o mês ou o dia da semana; e demanda com tendência, na qual se observam dados com crescimento ou decrescimento em longo prazo.

Para analisar a combinação desses padrões, adota-se um procedimento de decomposição, no qual um dado histórico da demanda (d_t) é representado, de maneira simplificada, como a soma de fatores correspondentes a cada padrão de demanda presente na série histórica:

$$d_t = S_t + T_t + E_t$$

Onde:

S_t = Componente sazonal no período t

T_t = Componente de tendência no período t

E_t = Erro ou componente aleatório no período t

Com o auxílio de medidas estatísticas (média, desvio absoluto médio, quadrado médio, variância, desvio padrão, etc.) é possível verificar se os padrões sazonais ou de tendência estão presentes em uma série temporal e, conseqüentemente, escolher o método de previsão mais adequado.

Demandas com padrão horizontal podem ser previstas através da média simples dos dados históricos. No entanto, quando a demanda se afasta do padrão horizontal, dados históricos muito antigos comprometem previsões baseadas na média simples. Um recurso utilizado para contornar esse desvio é a utilização da Média Móvel ($\bar{M}_m$). Nesse método, a quantidade de dados considerados não aumenta com o passar do tempo, pois quando um novo

dados históricos fica disponível, o mais antigo é descartado. A Média Móvel é representada pela seguinte fórmula:

$$\bar{M}_m = \frac{1}{m} \sum_{t=n-m+1}^n d_t$$

Onde:

m = número de dados considerados ou ordem da Média Móvel

n = número de dados históricos disponíveis

Em relação à média simples, o método da Média Móvel proporciona um melhor tratamento de tendência ou sazonalidade, embora a aplicação nesses casos não seja a ideal. Associado à Média Móvel, podem-se utilizar fatores de ponderação para que determinados dados da série histórica considerada exerçam maior influência sobre a média. O mesmo efeito é obtido quando se utilizam métodos de Suavização Exponencial.

Há alguns métodos de suavização exponencial, entre os quais se destacam (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; MCGEE, 1983):

- Suavização Exponencial Simples
- Suavização Exponencial com Tendência: Método de Holt com dois parâmetros
- Suavização Exponencial com Sazonalidade
- Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade: Método de Holt-Winters com três parâmetros

No método de Suavização Exponencial Simples, elabora-se a previsão de demanda no próximo período a partir da diferença entre a demanda real e a previsão que se havia feito, no período anterior. Através de um parâmetro de suavização, pode-se ajustar a influência da última previsão e de seu erro relativo à demanda real, no cálculo da próxima previsão.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha * (d_t - F_t)$$

Onde:

F_t = previsão da demanda para o período t .

α = parâmetro da suavização exponencial

O parâmetro de suavização, representado pelo símbolo α , deve satisfazer a condição $0 < \alpha < 1$. Devido à sua simplicidade, esse método não apresenta bom desempenho na previsão de demandas que possuem padrões com tendência ou sazonalidade.

Para lidar com um padrão de tendência na série histórica de demanda, o método de Suavização Exponencial com Tendência adiciona à previsão uma componente que estima a inclinação da tendência da série. Também há um parâmetro adicional, γ , para a suavização da tendência, e que também deve satisfazer a condição $0 < \gamma < 1$.

Suavização Geral:

$$G_t = \alpha * d_t + (1 - \alpha)(G_{t-1} + b_{t-1})$$

Suavização da Tendência:

$$b_t = \gamma(G_t - G_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

Previsão:

$$F_{t+m} = G_t + m * b_t$$

O modelo de Suavização Exponencial com Sazonalidade trata demandas com esse tipo de padrão aplicando estimativas de índices de sazonalidade a cada período. Assim como nos modelos anteriores, utiliza-se um parâmetro de suavização para o cálculo da sazonalidade, β , sob a condição $0 < \beta < 1$.

Suavização Geral:

$$G_t = \alpha \frac{d_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)G_{t-1}$$

Suavização Sazonal:

$$I_t = \beta \frac{d_t}{G_t} + (1 - \beta)I_{t-L}$$

Previsão:

$$F_{t+m} = G_t * I_{t-L+m}$$

Entre esses métodos, o de Holt-Winters é o único capaz de realizar previsões satisfatórias para séries sazonais. Assemelha-se ao método de Holt, mas contém uma equação adicional para lidar com a sazonalidade. As três equações básicas que compõem o método são:

Suavização Geral:

$$G_t = \alpha \frac{d_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(G_{t-1} + b_{t-1})$$

Suavização da Tendência:

$$b_t = \gamma(G_t - G_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

Suavização Sazonal:

$$I_t = \beta \frac{d_t}{G_t} + (1 - \beta)I_{t-L}$$

Previsão:

$$F_{t+m} = (G_t + b_t m)I_{t-L+m}$$

Onde:

L = duração da sazonalidade

b = componente da tendência

I = fator de ajuste sazonal

m = períodos à frente que se deseja prever

α, β, γ = parâmetros de suavização

A qualidade de um método de previsão é avaliada através de medidas de quanto as previsões se aproximam da demanda real. São exemplos dessas medidas o Erro Absoluto Médio (EAM), o Erro Quadrático Médio (EQM), o Erro Relativo Médio, o Erro Percentual Médio (EPM) e o Erro Percentual Absoluto Médio (EPAM):

O erro de uma previsão (e_t) representa a diferença entre a demanda ocorrida em determinado período t e a previsão que havia sido feita anteriormente em relação a essa demanda:

$$e_t = d_t - F_t$$

O Erro Absoluto Médio (EAM) é calculado a partir da média aritmética dos valores absolutos dos erros de previsão, dos n períodos disponíveis em uma série histórica. Trata-se de uma importante medida da variabilidade das previsões, pois, além de simples, é intuitiva, uma vez que a magnitude dos erros não é elevada ao quadrado:

$$\text{EAM} = \sum_{t=1}^n |e_t| / n$$

O Erro Quadrático Médio (EQM) é calculado a partir da média aritmética dos quadrados dos erros de previsão. A vantagem dessa medida deve-se à sua relação direta com o desvio padrão dos erros de previsão:

$$\text{EQM} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$$

Utiliza-se o Erro Relativo em um período t (ER_t) para estabelecer uma comparação entre o erro da previsão e o valor da demanda real, sem que a magnitude dos valores da demanda real influenciam a interpretação da medida. Para uma série histórica de n períodos, calcula-se o Erro Relativo Médio (ERM):

$$\text{ER}_t = \frac{d_t - F_t}{d_t}$$

$$\text{ERM} = \sum_{t=1}^n \text{ER}_t / n$$

O Erro Percentual (EP_t) é semelhante ao erro relativo. A única diferença é a maneira em que o erro é representado. A forma percentual é mais intuitiva e, em muitos casos, facilita a análise e comparação dos métodos de previsão. Para essa forma de representação, também se calcula a média da série histórica (Erro Percentual Médio – EPM) e a média dos valores absolutos (Erro Percentual Absoluto Médio – EPAM):

$$\text{EP}_t = \left(\frac{d_t - F_t}{d_t} \right) 100$$

$$EPM = \sum_{t=1}^n EP_t / n$$

$$EPAM = \sum_{t=1}^n |EP_t| / n$$

Além de auxiliar na avaliação dos métodos de previsão, as medidas dos erros contribuem no dimensionamento de estoques de segurança. Para utilizar fatores de segurança, como nos modelos reativos, Silver et al. (1998) propõem duas relações entre o desvio padrão da demanda e as medidas de erro das previsões:

$$\sigma = \sqrt{EQM}$$

Se for possível a aproximação pela distribuição normal, então:

$$\sigma = 1,25 * EAM$$

Arnold (1998) apresenta uma abordagem ainda mais simplificada para aplicar o Erro Absoluto Médio no dimensionamento do estoque de segurança. Afirma que o erro da previsão estará entre:

- ± 1 EAM, em cerca de 60% das vezes.
- ± 2 EAM, em cerca de 90% das vezes.
- ± 3 EAM, em cerca de 98% das vezes.

2.4. Peças de Reposição

Peças de reposição desempenham papel cada vez mais importante nos negócios de diversas empresas, de diferentes ramos: equipamentos eletrônicos (BOTTER; FORTUIN, 2000), indústria naval (SLEPTCHENKO; VAN DER HEIJDEN; VAN HARTEN, 2005), indústria automotiva (REGO, 2006), indústria aeroespacial (BOONE, 2006), indústria siderúrgica (SILVA, 2009), laboratório de pesquisa nuclear (KREVER et al., 2005), indústria química (SANTOS; RODRIGUES, 2006).

Serviços pós-venda, como é o caso do fornecimento de peças de reposição, são fundamentais para o sucesso competitivo de uma empresa, pois estão diretamente ligados à satisfação do consumidor. Porém, esses mesmos consumidores exercem pressão por

inovações constantes nos produtos finais, bem como produtos customizados ou personalizados, o que eleva significativamente a quantidade de peças diferentes, tornando sua demanda volátil e difícil de prever (COHEN; LEE, 1990).

Gerenciar um estoque de peças de reposição significa encontrar respostas factíveis e eficientes às seguintes três perguntas básicas (BOTTER; FORTUIN, 2000):

- Quais peças devem ser estocadas?
- Onde essas peças devem ser estocadas?
- Quantas unidades, de cada uma dessas peças, devem ser mantidas no estoque (ponto de pedido e quantidade do pedido)?

De acordo com Wanke (2005), o contexto que envolve a tomada de decisão em gestão dos estoques de peças de reposição é totalmente diferente das situações mais estudadas recentemente nos meios acadêmico e empresarial. Enfrentam-se, nesse contexto, problemas mais complexos, tais como: alto custo de produção das peças de reposição, demanda esporádica e difícil de prever, longos tempos de resposta e pressões dos clientes por atendimento rápido. Para determinar os níveis de estoque de peças de reposição, as empresas têm adotado alguns aspectos metodológicos em comum (WANKE, 2005):

- Cálculo dos pontos de reposição com base na aproximação dos dados de consumo pela distribuição Gama;
- Relacionamento entre níveis de estoque e medidas de nível de serviço, por meio de análise estatística multivariada;
- Avaliação das políticas de estoques em termos de nível de serviço, utilizando dados reais de consumo;
- Classificação das peças de reposição e cálculo de aumento do nível de serviço e redução nos níveis de estoque para cada grupo.

Neves et al. (2008) propõem um modelo de gestão de estoque de peças eletrônicas sobressalentes baseado na taxa de falhas dos equipamentos. Para determinar a quantidade de peças que deve ser mantida em estoque, calcula-se a previsão de consumo das peças a partir da probabilidade do equipamento apresentar falhas, assumindo a aproximação pela distribuição de Poisson. O modelo ainda propõe uma relação verificada empiricamente entre a disponibilidade operacional e a probabilidade de não ruptura de estoque, que pode ser interpretada como o nível de atendimento do estoque.

Nesse modelo proposto para a gestão das peças eletrônicas sobressalentes, é fundamental o conhecimento sobre os equipamentos em operação, o chamado parque instalado, que representam o potencial consumo das peças. No caso de eletrodomésticos, além da dificuldade de se verificar as taxas de falhas de todos os modelos fabricados, o parque instalado corresponde a dezenas ou centenas de milhares de produtos, inviabilizando esse tipo de abordagem.

Boone (2006) promoveu um painel Delphi com especialistas para destacar os maiores desafios para a administração de peças de reposição. A partir desse estudo, concluiu que os dez maiores desafios são:

1. Falta de uma perspectiva sistêmica ou holística
2. Previsões incorretas da demanda de peças de reposição
3. Falta de um sistema integrado entre fornecedores, reparadores, clientes e prestadores de serviço
4. Administração de informações sobre revisões dos produtos e configurações
5. Variabilidade do *lead time*
6. Redução da obsolescência de peças de reposição
7. Planejamento para introdução de novos produtos
8. Planejamento para as necessidades de reposição em produtos antigos ou reparo de peças antigas
9. Planejamento da localidade e distribuição física das peças de reposição
10. Manutenção de um processo disciplinado para o ciclo de reparo

No Brasil, o fornecimento de peças de reposição é regulamentado pela Lei Nº 8.078, na qual se dispõe o Código de Defesa do Consumidor. Desta lei, destacam-se três disposições específicas sobre peças de reposição:

Art. 21. No fornecimento de serviços que tenham por objetivo a reparação de qualquer produto considerar-se-á implícita a obrigação do fornecedor de empregar componentes de reposição originais adequados e novos, ou que mantenham as especificações técnicas do fabricante, salvo, quanto a estes últimos, autorização em contrário do consumidor.

Art. 32. Os fabricantes e importadores deverão assegurar a oferta de componentes e peças de reposição enquanto não cessar a fabricação ou importação do produto.

Parágrafo único. Cessadas a produção ou importação, a oferta deverá ser mantida por período razoável de tempo, na forma da lei.

Art. 70. Empregar na reparação de produtos, peças ou componentes de reposição usados, sem autorização do consumidor:

Pena Detenção de três meses a um ano e multa.

3. CLASSIFICAÇÃO DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO

A área de PIVO-Peças tem como principal função realizar o planejamento e o gerenciamento do estoque de peças de reposição de toda a empresa. Neste capítulo, descrevem-se a cadeia de suprimentos das peças de reposição, os processos interdepartamentais de planejamento, as ferramentas e processos internos do PIVO-Peças para a classificação das peças de reposição e, ao final do capítulo, apresentam-se os primeiros resultados deste Trabalho de Formatura, com a proposta de reformulação da classificação das peças.

3.1. A Cadeia de Suprimentos de Peças de Reposição Whirlpool

As peças são fabricadas nas três plantas da Whirlpool no Brasil e em fornecedores externos nacionais e estrangeiros. As peças de reposição provenientes de fábricas da Whirlpool em outros países são tratadas como peças de fornecedores externos estrangeiros. A Figura 3-1 apresenta uma macro visão da cadeia de suprimentos que envolve o PIVO-Peças, localizado no Centro de Distribuição de São Paulo (CD-SP).

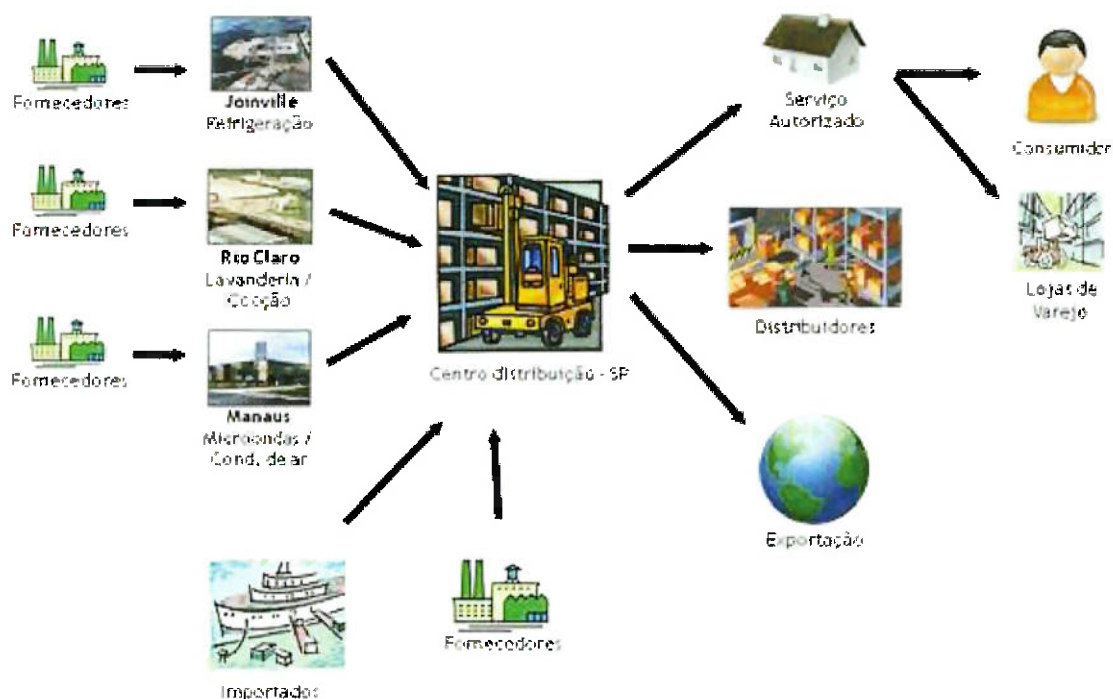


Figura 3-1: Macro visão da cadeia de suprimentos de peças de reposição

As peças são armazenadas em um único estoque e a partir dele são faturadas para o mercado consumidor, que se divide em três canais principais: Serviços Autorizados, Distribuidores (Grandes lojas de peças de reposição) e Exportação. O consumidor final, isto é, aquele que necessita de reparos em seu produto Whirlpool é atendido através da rede de Serviços Autorizados. As lojas de varejo de eletrodomésticos também desempenham o papel de cliente final na cadeia, quando há a necessidade de se refazer a embalagem do produto ou quando é possível consertar um produto devolvido pelo consumidor à loja.

O recebimento no CD-SP de peças de fornecedores externos acontece em horário comercial, mediante agendamento prévio. As peças enviadas pela fábrica de Manaus também são recebidas dessa maneira, dado que a quantidade e a frequência das entregas, normalmente quinzenais, são muito menores do que das plantas de Rio Claro e Joinville, que enviam carregamentos diariamente. Esses carregamentos de Rio Claro e Joinville são recebidos na operação noturna do depósito. Em média, recebem-se no centro de distribuição 1,1 milhão de peças de reposição. A distribuição percentual desse volume de peças entre as fontes de fornecimento é representada na Figura 3-2.

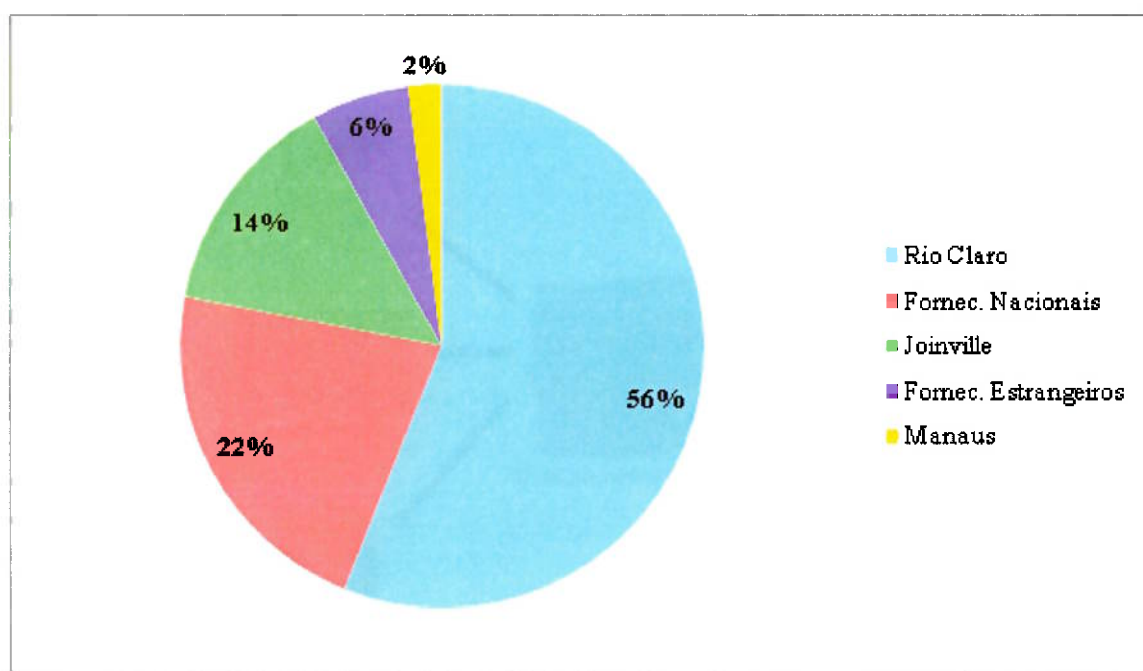


Figura 3-2: Fontes de fornecimento das peças de reposição recebidas no CD-SP.

3.2. Processos Interdepartamentais de Planejamento

As áreas que interagem diretamente com o PIVO-Peças e que possuem uma divisão dedicada exclusivamente a peças de reposição são: Comercial de Peças, Comércio Exterior

(Comex), Engenharia de Campo, Suprimentos e Planejamento e Controle da Produção e de Materiais (PCPM).

Responsável pela análise técnica das peças, a Engenharia de Campo determina quais componentes do produto devem ser mantidos em estoque para reposição e em qual quantidade, bem como quais peças são intercambiáveis e quais podem deixar de ser mantidas em estoque para reposição. Também parte da Engenharia de Campo a estimativa para a demanda inicial de peças novas.

As outras áreas estão envolvidas no fluxo de planejamento das aquisições das peças de reposição. O fluxo, representado pela Figura 3-3, inicia-se com a demanda por peça de reposição, detectada pelo PIVO-Peças através de ordens de venda colocadas no sistema SAP. As ordens são colocadas pelos clientes diretamente no sistema, através do módulo de Gestão do Relacionamento com o Consumidor (CRM – *Customer Relationship Management*), ou através dos vendedores da área Comercial e de Comércio Exterior, nos casos de ordens de exportação.

Com base nas informações do histórico da demanda, e nas previsões de demanda feitas pela área Comercial, o PIVO-Peças realiza o planejamento de aquisições das peças de reposição, e a necessidade pode ser transmitida para uma das seguintes três áreas: para o PCPM, quando as peças são fornecidas por uma das fábricas da própria Whirlpool no Brasil; para a área de Suprimentos, quando a peça é fabricada em um fornecedor externo nacional; ou para a área de Comércio Exterior, quando se trata de uma peça importada.



Figura 3-3: Fluxo de planejamento das aquisições de peças de reposição.

Entretanto, o planejamento não se limita a calcular as necessidades de cada peça. Também é função do PIVO-Peças acompanhar a situação das peças que foram pedidas. Dependendo da origem da peça ou em que estágio da cadeia ela se encontra – em produção ou em transporte – o responsável pelo planejamento deve buscar em determinadas áreas

previsões da chegada dos pedidos, bem como analisar as causas de eventuais atrasos, que afetarão as futuras ações de planejamento.

O PIVO-Peças mantém um controle detalhado sobre as peças de reposição que estão em falta. Além da fonte de fornecimento da peça, identificada automaticamente através de seu código, esse controle contém informações sobre a causa da falta (atraso na entrega, aumento na demanda, falha na programação, etc.), a previsão para o reabastecimento do estoque, bem como se o cliente que está aguardando a peça é um revendedor, uma agência de serviço autorizado, um cliente de exportação ou um consumidor final.

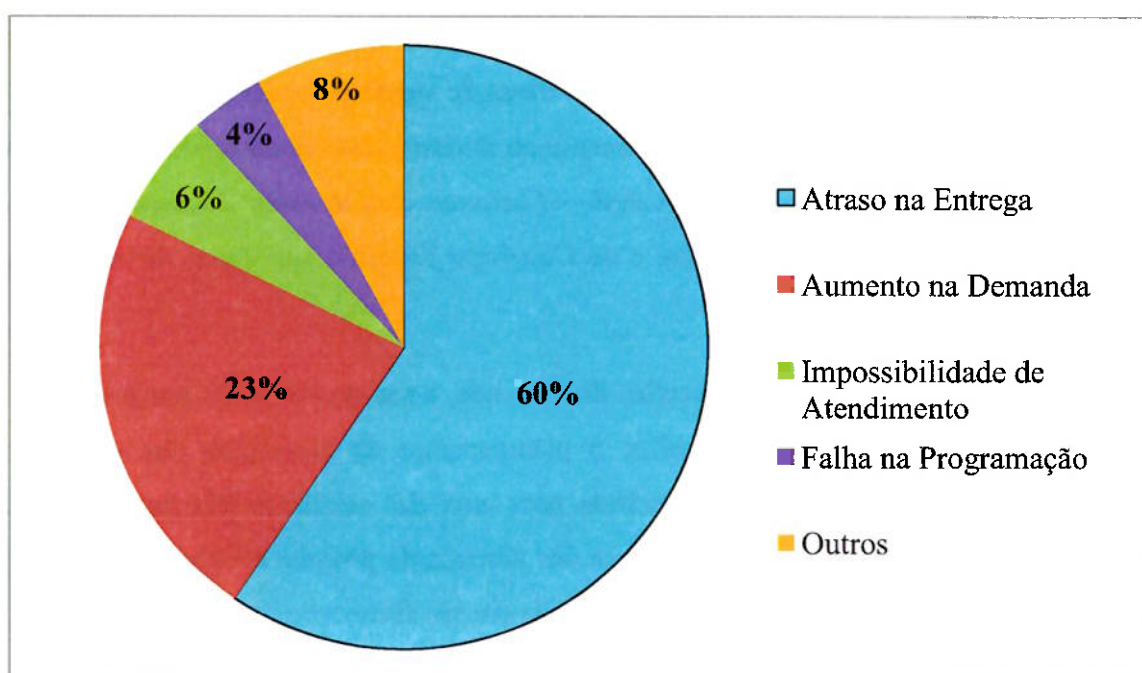


Figura 3-4: Causas da indisponibilidade de peças de reposição

3.3. Classificação Atual das Peças de Reposição

Atualmente, há quase 50 mil códigos de peças de reposição cadastrados na base de dados da Whirlpool. Metade dessa quantidade corresponde a peças inativas, ou seja, peças que não são mais comercializadas. Portanto, é necessário fazer a gestão de cerca de 25 mil SKUs. Para isso, o PIVO-Peças utiliza um sistema de classificação para determinar qual estratégia de compras se deve adotar, tendo em vista a manutenção de um estoque reduzido e que garanta um nível de serviço satisfatório. A Figura 3-5 compara a quantidade de SKUs ativos e, entre eles, quantos foram vendidos no ano de 2009.

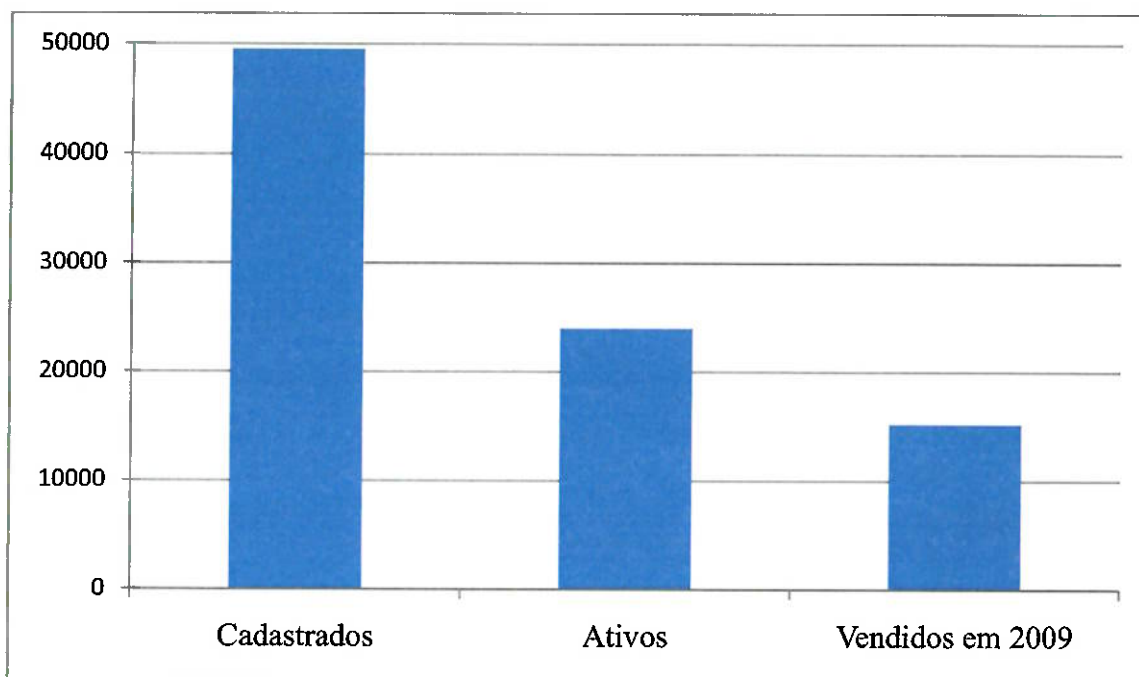


Figura 3-5: Quantidade de SKUs.

Embora os processos de cadastro aconteçam no PIVO-Peças, as principais informações sobre as peças de reposição não são geradas dentro da área. Os dados técnicos das peças são transmitidos pelo departamento de Engenharia de Campo.

Esse setor define quais componentes dos eletrodomésticos devem ser fornecidos para reposição e por quanto tempo esse fornecimento ainda deve ser assegurado. O Código de Defesa do Consumidor exige que as peças de reposição devem ser fornecidas, mesmo depois que o produto deixa de ser fabricado, por um período razoável, mas não especifica a duração desse período. A Whirlpool S.A. tem como referência um prazo de reposição de oito anos após o lançamento do produto.

Também é responsabilidade da Engenharia de Campo verificar se peças com diferentes códigos são intercambiáveis, mantendo um processo de racionalização de códigos. Por isso, as atividades de cadastro que acontecem no PIVO-Peças dependem de documentos emitidos pela Engenharia de Campo para a criação ou cancelamento de códigos de peça, ou para a formação de cadeias de peças intercambiáveis.

Além dos dados técnicos contidos nesses documentos, tais como Funcionalidade e *Lead Time*, é considerada no processo de classificação uma série de características das peças, relacionando-lhes atributos. Cada peça deve ter um único atributo para cada critério, e os critérios mais relevantes para o planejamento são: Criticidade (para o consumidor);

Tendência, Recorrência, Variabilidade e Previsibilidade da demanda; Valor da peça; Flexibilidade e Confiabilidade da fonte de fornecimento.

Alguns critérios são qualitativos e, nestes casos, o planejador define diretamente o atributo da peça. Algumas condições devem ser consideradas para essa definição, mas o fator principal é o julgamento do profissional que realiza o planejamento. Entre os critérios citados como mais relevantes, os qualitativos são: Criticidade, Flexibilidade e Confiabilidade da fonte de fornecimento. Outros critérios são quantitativos, pois se baseiam em cálculos que envolvem o histórico de demanda da peça. Em relação a esse histórico, calculam-se:

- Demanda média mensal (D);
- Desvio Padrão das demandas mensais (σ_D);
- Meses com demanda (n);
- Demanda média, apenas dos meses com demanda (D^*);
- Desvio Padrão das demandas, apenas dos meses com demanda (σ_{D^*}).

Esses cálculos se baseiam em um histórico de 12 meses. A impossibilidade de se considerar, dentro do sistema SAP, um histórico mais extenso pode prejudicar a utilização da média e da variação da demanda na parametrização dos modelos de estoque. Essa limitação do uso das informações passadas impede que um analista detecte algum padrão de longo prazo e, principalmente, uma possível sazonalidade da demanda da peça. O ideal seria utilizar os dados desde a data de criação ou nascimento da peça.

A Tabela 3-1 apresenta os principais critérios qualitativos para a classificação, bem como as condições que definem os atributos da peça.

Tabela 3-1: Critérios qualitativos, condições e atributos das peças de reposição.

Critério Qualitativo	Condição	Atributo
CRITICIDADE (Cliente)	1) Houve demanda do consumidor final (venda atrelada a uma Ordem de Serviço) nos últimos meses; ou 2) Peça com alta rentabilidade e interesse comercial; ou 3) Opção do programador	Crítico
	1) Peça funcional; ou 2) Opção do programador	Neutro
	1) Peça nova; ou 2) Peça semi-funcional, não funcional ou estética; ou 3) Opção do programador	Não Crítico
FLEXIBILIDADE (Fornecimento)	1) <i>Lead Time</i> < 15 dias; ou 2) Opção do programador	Flexível
	1) 15 dias < <i>Lead Time</i> < 30 dias; ou 2) Opção do programador	Neutro
	1) <i>Lead Time</i> > 30 dias; ou 2) Opção do programador	Não Flexível
CONFIABILIDADE (Fornecimento)	Opção do programador	Confiável
		Neutro
		Não Confiável

A Tabela 3-2 apresenta os principais critérios quantitativos para a classificação das peças e as respectivas condições para a definição dos atributos.

Tabela 3-2: Critérios quantitativos, condições e atributos das peças de reposição.

Critério Quantitativo	Condição	Atributo
TENDÊNCIA (Demanda)	Não houve demanda nos últimos 12 meses	D-0
	Houve demanda somente nos últimos 3 meses	D-1
	Houve demanda em 6 meses ou menos, nos últimos 12 meses, e a peça não se encaixa nas condições para D-4 ou D-1.	D-2
	Houve demanda em mais de 6 dos últimos 12 meses.	D-3
	Houve demanda nos últimos 12 meses, mas não houve nos últimos 8 meses	D-4
RECORRÊNCIA (Demanda)	$\frac{\text{Meses com demanda}}{\text{Horizonte de demanda}} \geq \text{Valor de corte "R"}$	Repetitivo
	$\frac{\text{Meses com demanda}}{\text{Horizonte de demanda}} < \text{Valor de corte "R"}$	Esporádico
VARIABILIDADE (Demanda)	$\frac{\sigma_D}{\bar{D}} \geq \text{Valor de corte "V"}$	Alta Var.
	$\frac{\sigma_D}{\bar{D}} < \text{Valor de corte "V"}$	Baixa Var.
PREVISIBILIDADE (Demanda)	$\left \frac{\text{Prev. Demanda} - \text{Demanda Real}}{\text{Demanda Real}} \right \geq 0,5$	Alta Prev.
	$\left \frac{\text{Prev. Demanda} - \text{Demanda Real}}{\text{Demanda Real}} \right < 0,5$	Baixa Prev.
VALOR DA PEÇA (Curva ABC – Demanda * Custo)	Até 80%	A
	Entre 80% e 90%	B
	Acima de 90%	C

Os atributos das peças de reposição são atualizados periodicamente. Para os critérios qualitativos, o processo de atualização dos atributos é bimestral, enquanto o processo para os critérios quantitativos ocorre mensalmente. Como a classificação de baseia nos últimos 12 meses do histórico, adota-se um horizonte de análise rolante. Evidentemente, é possível modificar os atributos qualitativos e recalcular os quantitativos sempre que necessário, independentemente do período de atualização.

A Criticidade, a Flexibilidade e a Confiabilidade atribuídas a uma peça são armazenadas no sistema SAP em uma tabela específica, que pode ser modificada diretamente através do carregamento de um arquivo de valores tabelados, no formato “.csv” (*Comma-Separated Values*). Os atributos dos critérios quantitativos são calculados através da execução de transações do sistema SAP, que armazena os atributos calculados em outra tabela. Há ainda uma terceira tabela onde são gravados valores como a demanda média e seu desvio padrão, resultantes do ajuste do Horizonte de Demanda. Essas três tabelas são extraídas diariamente do SAP e gravadas na rede interna da área, no formato de planilhas MS Excel. Dessa maneira, os planejadores podem consultar as informações de maneira consolidada mais rapidamente e, além disso, mantém-se um histórico de registros diários de todos os atributos das peças.

Em relação às condições apresentadas na Tabela 3-2, destacam-se os valores de corte “R” e “V”, que determinam, respectivamente, a recorrência e a variabilidade da demanda por uma peça, assim como a constante “0,5”, que determina a sua previsibilidade. Embora esses três valores sejam parametrizáveis e decisivos para a classificação, não há nenhum processo de revisão ou avaliação deles em relação aos impactos sobre a gestão do estoque de peças de reposição.

Para realizar o planejamento e a gestão do estoque das peças de reposição com SKUs ativos, assim como para identificar as peças que já estão inativas, o PIVO-Peças divide e organiza o seu trabalho através de um tipo de classificação adicional, com base na origem e aplicação das peças (ativas). Cada origem de fornecimento é representada por um grupo de classes adicionais, pois estas também são base para a classificação definitiva da peça. A Tabela 3-3 traz uma relação simplificada das classes adicionais utilizadas pelo PIVO-Peças:

Tabela 3-3: Relação das origens e aplicações das peças.

Origem	Classe adicional	Observação
Peça Inativa	CANC 1	Inativa sem estoque útil
	CANC 2	Inativa com estoque útil
	CANC 3	Inativa provisória
Joinville	JL 1	Peça comum – Joinville
	JL 2	Gabinete ou Porta de refrigerador
	JL 3	Embalagem – Joinville
Manaus	MN 1	Peça Comum – Manaus
	MN 2	Embalagem – Manaus
Rio Claro	RC 1	Peça Comum – Rio Claro
	RC 2	Kit de Transformação para fogões
	RC 3	Embalagem – Rio Claro
Fornecedor Nacional	FN 1	Peça Comum – Forn. Externo
	FN 2	Peça Especial – Forn. Externo
	FN 3	Embalagem – Forn. Externo
Importado	FI 1	Peça Comum Importada
	FI 2	Peças Kitchen Aid
	FI 3	Embalagem Importada

A classificação adicional por origem e aplicação serve tanto para estabelecer a divisão do trabalho entre os analistas quanto para influenciar na classificação definitiva da peça, ou até mesmo determiná-la. Por exemplo, as embalagens, provenientes de cada origem, recebem uma classe adicional específica porque são compradas em quantidade exata para atender ordens de venda, semelhantemente à produção *Make To Order* (MTO). Assim, determina-se o primeiro critério para a classificação definitiva das peças: Itens com sigla de planejamento JL 3, MN 2, RC 3 e FN 3 pertencem à Classe IV.

Há ainda outra classificação que se baseia em apenas um critério – a tendência da demanda. Peças com o atributo D-0 são alocadas para a Classe IV, enquanto peças com os atributos D-1 ou D-4 ficarão na Classe V.

Em seguida, classificam-se os itens com atributo Esporádico para o Critério de Recorrência da demanda. Aqueles de atributo Flexível e que não são Críticos, pertencerão à Classe IV, e os demais, à Classe III.

Restam, então, os itens Repetitivos. Aqueles com Baixa Variabilidade seguem diretamente para a Classe I. Quando há Alta Variabilidade, observa-se o Valor da peça: caso seja de Valor C, a peça pertencerá à Classe II; caso o valor seja A ou B, Alta Previsibilidade determina a Classe V, enquanto Baixa Previsibilidade também se enquadra na Classe II.

A Tabela 3-4 esquematiza a classificação atual das peças de reposição, em que os critérios são observados sequencialmente, iniciando-se pela Sigla de Planejamento, prosseguindo até a divisão de todos os itens entre as cinco classes. O símbolo “—” indica que o critério em questão é irrelevante para a classificação.

Critérios										Classe
Origem / Aplicação	Tendência	Recorrência	Variabilidade	Valor da Peça	Previsibilidade	Flexibilidade	Criticidade			
JL 3, MN 2, RC3, ou Peça Inativa				—					IV	
	D-0			—					IV	
	D-1 ou D-4			—					V	
		Esporádico		—		Neutro ou Não Flexível	—		III	
							Crítico		III	
							Neutro		IV	
							Não Crítico		IV	
	D-2 ou D-3		Baixa		—				I	
		Repetitivo		C		—			II	
			Alta	A ou B	Baixa		—		II	
					Alta		—		V	

Como resultado do processo de classificação, dividem-se as peças de reposição em cinco grupos distintos, e para cada grupo se aplica uma estratégia de gestão do estoque. A relação entre as classes e as estratégias é apresentada na Tabela 3-5:

Tabela 3-5: Classificação atual das peças e estratégias de reposição do estoque.

Classe	Estratégia de reposição do estoque
I	Revisão diária dos níveis de estoque; compra baseada em ponto de ressuprimento e lote econômico (modelo de revisão contínua).
II	Revisão semanal dos níveis de estoque; compra visando reposição de nível máximo de estoque (modelo de revisão periódica).
III	Revisão semanal dos níveis de estoque; compra visando reposição de nível máximo de estoque; (modelo de revisão periódica, adaptado a itens com demanda esporádica)
IV	Compra somente para atender pedidos de clientes (<i>MTO</i>). Não se mantém estoque.
V	Compra baseada em previsões de demanda (modelo ativo de gestão de estoques).

3.4. Diagnóstico dos Problemas da Classificação Atual

O primeiro problema encontrado na classificação atual se origina no próprio conceito de classificação adotado pelo PIVO-Peças. Atualmente, a gestão do estoque de peças de reposição é feita com base em uma série de classificações que não determinam, univocamente, o que deve ser feito com a peça de reposição. De fato, o conceito de classificação aplicado na empresa não exige tal univocidade, pois se determina a maneira como o estoque de determinada peça é administrado a partir de um conjunto de classificações.

Embora esse tipo de classificação não seja incorreto, ele pode ser modificado para se tornar mais claro. Pode-se buscar uma nova lógica de classificação que proporcione a separação inequívoca das peças, isto é, dada a classificação da peça, sabe-se exatamente como seu estoque deve ser administrado.

A Classe III, por exemplo, pode conter itens totalmente diferentes, de acordo com o esquema da Tabela 3-4. Embalagens, itens sem demanda ou itens com demanda esporádica correm o risco de receber tratamento idêntico, pois estão todos agrupados.

Outro exemplo, a Classe V, compreende peças com características opostas, pois contém tanto peças cuja demanda tem um padrão bem definido e, por isso, apresentam alta previsibilidade, quanto peças cujo histórico de demanda é tão pobre que não se pode fazer uma aproximação pela demanda média para aplicar um modelo reativo, restando apenas a alternativa de se fazer alguma previsão em relação ao comportamento dessa demanda.

Mais um ponto problemático é a falta de participação direta do nível de atendimento desejado no processo de classificação. Esse indicador, que é o mais importante para se controlar o desempenho de um estoque, é utilizado de maneira indireta através da definição da Criticidade da peça. Esta, por sua vez, representa um critério qualitativo para a classificação, estritamente ligado à interpretação e subjetividade do analista. A dependência total desse tipo de classificação em relação ao julgamento do planejador pode ser inadequada e levar a uma gestão do estoque pouco eficaz.

É recomendável, portanto, uma reformulação da classificação das peças de reposição, para aprimorar o controle e a detecção de problemas relacionados aos níveis de atendimento e excesso de peças em estoque.

3.5. Proposta de Reformulação da Classificação das Peças

Para desenvolver a nova classificação das peças e eliminar as ambiguidades existentes, necessita-se da criação de novas classes. Na Tabela 3-4, onde o atual processo de classificação foi representado, observa-se a formação de dez grupos de peças, mas alguns grupos são reunidos em uma mesma classe, o que resulta na definição de apenas cinco classes.

Propõe-se a definição de dez classes distintas, de maneira a se evitar a união de diferentes grupos de peças dentro da mesma classe. A Tabela 3-6 apresenta a primeira etapa da reformulação da classificação.

A Classe I, a única que não se repetia na classificação anterior, foi mantida para o mesmo grupo de peças, que apresentam tendência da demanda D-2 ou D-3, são repetitivas e têm baixa variabilidade.

A Classe II reunia dois grupos diferentes. O primeiro, formado por peças D-2 ou D-3, repetitivas, com alta variabilidade e de valor C, foi mantido na Classe II. O segundo grupo, formado por peças que também são D-2 ou D-3, repetitivas, com alta variabilidade, mas têm valor A ou B combinado à baixa previsibilidade, foi alocado na Classe III. Essa já seria uma das novas classes criadas e poderia receber o rótulo de Classe VI, caso fosse seguida uma ordem sequencial a partir das classes pré-existentes. Porém, optou-se pela modificação da Classe III para que grupos que antes pertenciam a uma mesma classe fiquem em classes adjacentes. Esse critério foi adotado para a criação das outras novas classes e, por isso, as Classes IV e V também passaram a conter peças com atributos diferentes em relação à classificação original.

A Classe III original foi dividida nas Classes IV e V. A Classe IV reúne as peças D-2 ou D-3, esporádicas, não flexíveis ou de flexibilidade neutra, enquanto a Classe V é destinada a peças com a mesma tendência e recorrência das peças Classe IV, mas cuja fonte de fornecimento é considerada flexível.

Já a Classe IV, que abrangia três grupos diferentes de peças, foi repartida entre as Classes VI, VII e VIII. Formam a Classe VI itens D-2 ou D-3, esporádicos, flexíveis e que não são críticos – neutros ou não críticos. Na Classe VII ficam as peças D-0 e a Classe VIII se destina às peças cuja sigla de planejamento corresponde às embalagens.

A reformulação da classificação das peças de reposição não envolve a discussão dos modelos de gestão de estoque ou de sua adequação a cada classe. Os modelos são tomados como dados, isto é, continuarão a ser aplicados apenas os modelos já disponibilizados no sistema da empresa. Também não será alterada a estratégia de reposição relacionada a cada modelo.

A Tabela 3-7 relaciona as classes resultantes da reformulação, as classes originais e as estratégias de reposição do estoque adotadas para cada classe.

Tabela 3-7: Classificação reformulada das peças e estratégias de reposição do estoque.

Nova Classe	Classe Atual	Estratégia de reposição do estoque
I	I	Revisão diária dos níveis de estoque; compra baseada em ponto de ressuprimento e lote econômico (modelo de revisão contínua).
II	II	Revisão semanal dos níveis de estoque; compra visando reposição de nível máximo de estoque (modelo de revisão periódica).
III		
IV	III	Revisão semanal dos níveis de estoque; compra visando reposição de nível máximo de estoque; (modelo de revisão periódica, adaptado a itens com demanda esporádica)
V		
VI	IV	Compra somente para atender pedidos de clientes (<i>MTO</i>). Não se mantém estoque.
VII		
VIII		
IX	V	Compra baseada em previsões de demanda (modelo ativo de gestão de estoques).
X		

A nova classificação permite que as peças de reposição sejam identificadas de maneira inequívoca, em relação aos seus atributos relevantes. A distinção mais apurada entre as classes facilita a análise de seus comportamentos e a identificação das causas de falta ou excesso de estoque. Aplicada a nova classificação, é possível avaliar a adequação dos modelos de gestão do estoque a cada classe, principalmente àquelas divididas em duas ou três novas classes.

A Tabela 3-8 exemplifica a diferença entre a indicação dos níveis de atendimento e estoque quando se agrupa peças diferentes na mesma classe, de acordo com o utilizado atualmente, e quando se aumenta a quantidade de classes para que estas contenham apenas peças com atributos semelhantes. Os SKUs envolvidos neste exemplo de reformulação foram aqueles que tiveram consumo em 2010, até o mês de Agosto:

Tabela 3-8: Indicação de níveis de atendimento e estoque, com a nova classificação.

Classe Atual / Qtde. SKUs	Nível de Atendimento	Estoque (R\$ Milhões)	Nova Classe / Qtde. SKUs	Nível de Atendimento	Estoque (R\$ Milhões)
I / 2.431	98%	4,8	I / 2.431	98%	4,8
II / 4.963	95%	4,0	II / 4.793	96%	2,8
			III / 170	92%	1,2
III / 2.346	90%	1,1	IV / 2.271	90%	1,1
			V / 75	83%	0,03
IV / 3.670	96%	1,8	VI / 149	97%	0,9
			VII / 1.600	96%	0,7
			VIII / 1.921	97%	0,2
V / 1.124	97%	4,5	IX / 894	81%	0,4
			X / 230	97%	4,1

A segunda etapa da reformulação consiste em explicitar, na classificação da peça, a decisão mais importante em relação ao planejamento de seu estoque: o nível de atendimento desejado.

Caso fosse adotado o mesmo procedimento da primeira etapa da reformulação, em que as novas classes foram criadas sequencialmente até a Classe X, haveria um aumento excessivo na quantidade de classes. Por exemplo, se as opções para níveis de atendimento fossem 99%, 98%, 95%, 90% e 85%, cada uma das dez classes daria origem a outras cinco, resultando em uma progressão até a Classe L. Administrar cinquenta classes diferentes seria extremamente trabalhoso e improdutivo, ou seja, a classificação das peças perderia a sua principal utilidade de facilitar a gestão do estoque.

A alternativa escolhida para tornar explícito o nível de atendimento desejado é a inclusão de um segundo termo na nomenclatura da classe, um numeral que corresponde exatamente a esse nível de atendimento. Por exemplo, uma peça da Classe X para a qual se deseja um nível de atendimento igual a 98%, seria reclassificada como X-98. Outro exemplo,

uma peça da Classe III com nível de atendimento de 85% recebe a classificação III-85. Assim, embora haja grande variação na nomenclatura das classes, sua interpretação é simples:

- O primeiro termo, em algarismo romano, representa a classe da peça e sua respectiva combinação de atributos.
- O segundo termo, em algarismo arábico, representa simples e diretamente o nível de atendimento desejado para a peça.

Tabela 3-9: Análise de resultados por classes, com nível de atendimento na nomenclatura.

Nova Classe - 2ª etapa / Qtde. SKUs	Nível de Atendimento obtido	Estoque (R\$ Milhões)
I-85 / 1.364	99%	1,40
II-85 / 2.199	98%	0,46
III-85 / 29	99%	0,11
X-85 / 43	100%	0,30
III-95 / 20	96%	0,09
IV-95 / 82	96%	0,02
VI-95 / 4	95%	0,25
X-95 / 4	95%	0,02
II-99 / 2.288	93%	2,22
IV-99 / 1.316	83%	0,94
VII-99 / 787	76%	0,52
IX-99 / 578	82%	0,34
X-99 / 119	92%	2,20

Neste exemplo de análise, a partir da nova classificação, já é possível tirar conclusões que, com a classificação atual, não seriam facilmente constatadas. Entre elas, pode-se destacar:

- As classes com nível de atendimento desejado igual a 85%, de maneira geral, apresentaram resultados muito acima do esperado, sendo que uma das classes não teve sequer uma peça em falta. Esse nível de atendimento muito acima do esperado sugere que há oportunidade para promover uma redução dos estoques das peças pertencentes a essas classes.

- As classes com nível de atendimento desejado igual a 95%, de maneira geral, apresentaram resultados próximos às metas, o que indica que o estoque dessas peças está sendo mantido em um nível adequado.
- As classes de que se exige o melhor nível de atendimento, igual a 99%, apresentaram resultados insatisfatórios. Nesses casos, seria adequada a revisão do dimensionamento dos estoques de segurança, ou até mesmo uma mudança no modelo adotado para a gestão do estoque dessas classes.

4. GESTÃO DOS ESTOQUES DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO

No capítulo 3, foi apresentada a relação entre a classificação das peças de reposição e os modelos de controle do estoque relacionados a cada classe (Tabela 3-5). Na primeira seção deste capítulo, discutem-se mais detalhadamente os modelos atualmente aplicados e faz-se uma breve crítica dos mesmos. A seção seguinte destaca os pontos que serão abordados pela proposta de solução, apresentada na última seção do capítulo.

4.1. Modelos Atuais de Gestão dos Estoques

Além da influência na classificação, os atributos das peças de reposição são variáveis na determinação dos parâmetros dos modelos de gestão de estoques. São exemplos desses parâmetros o fator de segurança e o estoque de segurança, bem como o lote econômico. Para itens Críticos e de Valor A, o fator de segurança adotado é igual a 2,05. Itens que não possuem esses dois atributos têm seu fator de segurança relacionado apenas ao critério da Criticidade, como mostra a Tabela 4-1:

Tabela 4-1: Definição do Fator de Segurança.

Criticidade	Fator de Segurança (z)
Crítico	2,33
Neutro	1,65
Não Crítico	1,04

Ao se definir o fator de segurança em função da Criticidade do item, ocorre uma definição indireta do nível de atendimento desejado. Tal situação é indesejável porque o nível de atendimento é a decisão mais importante em relação à gestão do estoque das peças de reposição e, ao se tomar tal decisão indiretamente, sua importância é subestimada.

De fato, para as atividades de planejamento do PIVO-Peças, o nível de atendimento desejado é praticamente ignorado, resumido a um número em que o sistema se baseia para efetuar cálculos de estoque de segurança. Além disso, transforma-se o nível de atendimento, que é uma medida objetiva e intuitiva para realizar o planejamento, em um critério qualitativo, ligado à subjetividade do planejador.

O estoque de segurança é calculado com base na variação da demanda, para peças das Classes I e II. Para a Classe V, o cálculo baseia-se no erro das previsões de demanda e no caso da Classe III, o estoque de segurança é proporcional à demanda média pela peça. Não se

mantém estoque de segurança de peças Classe IV. Ainda sobre o estoque de segurança, aplica-se um fator relacionado à Flexibilidade do fornecimento da peça. O estoque de segurança de peças com atributo Flexível é multiplicado por uma constante menor do que a de peças com atributo Não Flexível, e as peças Neutras têm um fator intermediário.

Tabela 4-2: Fator de Flexibilidade

Flexibilidade:	Flexível	Neutro	Não Flexível
Fator:	0,8	1	1,2

Também se aplica um fator multiplicativo sobre o lote econômico, que só é calculado para peças da Classe I. O fator é determinado pela combinação de dois critérios: Criticidade e Flexibilidade.

Tabela 4-3: Critérios para definição do multiplicador do lote econômico.

Criticidade	Flexibilidade	Multiplicador do lote
Crítico	Inflexível	0,2
Neutro	Inflexível	0,45
Crítico	Neutro	0,5
Não Crítico	Inflexível	0,7
Neutro	Neutro	0,75
Crítico	Flexível	0,8
Não Crítico	Neutro	1,0
Neutro	Flexível	1,05
Não Crítico	Flexível	1,3

Nas peças das Classes I e II, aplicam-se, respectivamente, os modelos teóricos de revisão contínua e revisão periódica, seguindo as fórmulas analíticas de quantidade econômica de pedido, ponto de ressuprimento ou estoque máximo. Em relação às fórmulas tradicionais, apenas é acrescentado no estoque de segurança um fator de flexibilidade (fflex), de acordo com o atributo da peça para esse critério, como mostra a Tabela 4-2, e na quantidade econômica de pedido, assume-se um custo de pedido unitário e se adiciona um multiplicador de lote, conforme apontado na Tabela 4-3.

Portanto, o planejamento das peças Classe I é definido apenas por dois parâmetros, a quantidade econômica de pedido e o ponto de ressuprimento (QEP, R):

$$QEP = \text{multiplicador lote} * \sqrt{\frac{2(*\bar{D} * 12)}{i * C_u}}$$

$$R = \frac{\bar{D}}{30} * LT + \text{fflex} * \sigma_D * \text{F.S.} * \sqrt{\frac{LT}{30}}$$

Onde:

$\bar{D}$ = Demanda média mensal

i = taxa de custo anual de armazenagem

C_u = Custo unitário da peça

LT = *Lead Time*, em dias

fflex = fator de flexibilidade

σ_D = Desvio padrão das demandas mensais

F.S. = fator de segurança

A Classe II também se define por apenas dois parâmetros, o estoque máximo e o período de revisão (S, s). No PIVO-Peças, trabalha-se com revisão semanal, portanto “ s ” é sempre igual a 7.

$$S = \frac{\bar{D}}{30} * (LT + 7) + \text{fflex} * \sigma_D * \text{F.S.} * \sqrt{\frac{LT + 7}{30}}$$

A aplicação das fórmulas analíticas tradicionais dos sistemas de revisão contínua e periódica assume uma série de simplificações, principalmente a de uma demanda com distribuição Normal de probabilidades. Há peças que apresentam demanda repetitiva e com médias elevadas, que se aproximam consideravelmente da distribuição Normal. Esses itens podem ser administrados de forma semelhante a produtos acabados, pois não são requisitados por clientes de maneira errática, eliminando a característica mais problemática em relação a peças de reposição.

Entretanto, não há nenhum controle ou teste que verifique se a demanda realmente está seguindo um padrão Normal ou se está assumindo um padrão característico de demanda por peça de reposição, como a Distribuição Gama. Caso houvesse uma mudança desse tipo, seria recomendável a modificação dos modelos teóricos utilizados ou um ajuste de parâmetros através de simulações com base nos dados históricos.

Na Classe III, utiliza-se uma variação do modelo tradicional de revisão periódica, adaptado para situações em que há muitos períodos em que não ocorre nenhuma demanda. A

revisão dos itens dessa classe também é semanal ($s = 7$), mas o valor do estoque máximo é calculado de forma diferente.

$$S = 2 * \bar{D}^* * f_{flex}$$

Onde:

$\bar{D}^*$ = Demanda média mensal, descartando meses com demanda nula

A fórmula diferenciada do estoque máximo visa contornar os impactos provocados por períodos sem demanda sobre a média e o desvio padrão da série histórica. Como o desvio padrão não descreve adequadamente o comportamento da demanda, ele não é utilizado para dimensionar o estoque de segurança. No caso da demanda média, extraem-se os períodos sem demanda, que reduziriam a média histórica, e calcula-se a média somente entre os períodos em que, efetivamente, ocorreu demanda pela peça. Assim, a quantidade mantida em estoque é proporcional a essa média ajustada, sobre a qual se aplica um fator de segurança constante, no caso 2, o que significa que o estoque fica abastecido, com alguma segurança, para atender a uma demanda pontual.

Devido ao fato de não se fazer uma estimativa da distribuição de probabilidades dessas demandas erráticas, não é possível relacionar o nível de estoque a ser estabelecido e o nível de atendimento desejado, o que revela que o fator de segurança desse modelo adaptado é totalmente arbitrário. Uma possibilidade para aprimorar esse modelo adaptado seria determinar uma distribuição de probabilidades da quantidade por ordem de venda, tendo em vista a série histórica da demanda pela peça e, assim, simular qual o nível de atendimento proporcionado por cada quantidade de estoque máximo ou fator de segurança.

Para as peças da Classe IV, a estratégia de não se manter nenhum estoque e comprar apenas a quantidade exata da demanda parte da premissa de que os fornecedores da peça estão disponíveis para pronta entrega. Para que esses itens não prejudiquem os indicadores de nível de atendimento, a falta de estoque só é considerada quando a ordem de venda ultrapassa um limite de dias sem ser atendida, funcionando com um prazo de atendimento.

A utilização do nível de atendimento para a avaliação do desempenho do estoque nesses casos é questionável, pois o valor correto dessa medição seria sempre zero. Uma vez que a estratégia é justamente não manter estoque algum, toda e qualquer ordem de cliente entraria na falta automaticamente, caso não houvesse o prazo de atendimento. Portanto, é mais razoável controlar se realmente a peça tem a possibilidade de fornecimento imediato ou se o *lead time* de fabricação deve ser considerado, tornando necessária a formação de estoque.

Outra alternativa é estimar o custo da falta resultante dessas ordens de venda não atendidas imediatamente e confrontá-lo com o custo de um estoque mantido de acordo com outro modelo, de estoque base, por exemplo.

Há, ainda, a inconveniência de incluir na Classe IV peças que não apresentaram demanda nos últimos doze meses. Tais peças não necessariamente podem ser fornecidas prontamente e, frequentemente, a situação é totalmente inversa e desfavorável, ou seja, a peça tem problemas de fornecimento. Logo, são dois motivos distintos para que se decida não manter estoque da peça: a peça não possui *lead time* de produção, ou se acredita que a peça não terá demanda. Manter peças com características tão distintas dentro da mesma classe, apesar de compartilharem a mesma política de estoque, pode dificultar análises e comprometer decisões, por exemplo, quando ocorre uma falta inesperada.

A última classe, a Classe V, contém as peças que são compradas com base em previsões de demanda. Neste modelo, compra-se a quantidade de peças igual à demanda prevista para o próximo período com duração igual ao *lead time* da peça. Mantém-se também um estoque de segurança para evitar a ocorrência de faltas quando a demanda real é maior do que a prevista. O estoque de segurança é função da diferença, que se constata posteriormente, entre as previsões e as demandas realizadas nos períodos correspondentes. No planejamento atual do PIVO-Peças, o estoque de segurança utilizado nesse modelo ativo de gestão baseia-se no Erro Relativo (ER) e no Erro Relativo Médio (ERM) das previsões, e é calculado através das seguintes equações:

$$E.S. = f_{flex} * \sigma_{ER} * F.S. * F_t * \sqrt{\frac{LT + 7}{30}}$$

$$\sigma_{ER} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (ER_t - ERM)^2}{n}}$$

O método de cálculo do estoque de segurança não condiz com o que se encontra mais frequentemente na literatura. Trata-se do resultado de um trabalho de consultoria, contratado pela Whirlpool no ano de 2009. Dada a impossibilidade de se obter informações sobre as premissas e justificativas para a aplicação desse método diferenciado, é natural que se investigue porque não se utiliza um estoque de segurança tradicional para modelos ativos de gestão de estoques, composto por um fator de segurança e o Erro Absoluto Médio das

previsões. A adoção desse modelo tradicional seria razoável, uma vez que parte de premissas semelhantes às assumidas nos modelos reativos, aplicados nas Classes I e II.

A gestão do estoque com base em previsões de demanda é um assunto profundamente discutido dentro do planejamento de peças de reposição da Whirlpool. O processo de formulação e publicação das previsões concentra-se, atualmente, na área Comercial de Peça, principalmente para aproveitar as percepções dos vendedores em relação ao mercado. Além disso, ações de *marketing* voltadas ao negócio de peças de reposição também são elaboradas dentro dessa área.

A Figura 4-1 representa a separação das atividades do PIVO-Peças e o processo de previsão de demanda. A área de planejamento não atua no processo de previsão, limitando-se a informar quais peças devem ter suas demandas previstas. Ao receber tais previsões, confronta-as com as quantidades disponíveis em estoque somadas aos pedidos pendentes e determina quantas peças adicionais devem ser adquiridas.

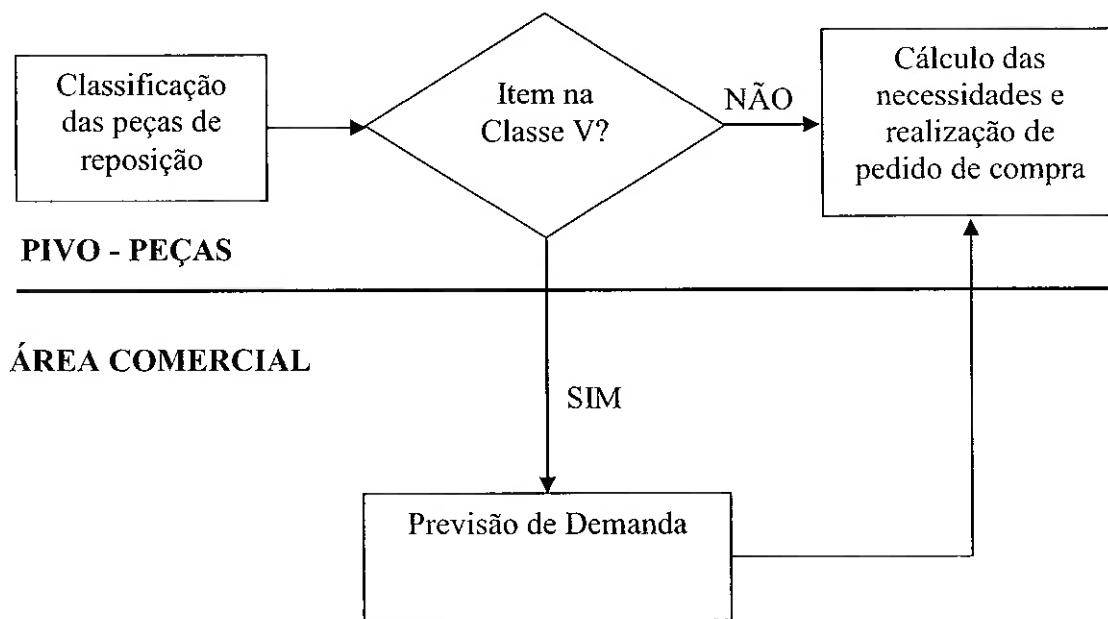


Figura 4-1: O processo de previsão de demanda.

Em situações anteriores, a empresa já trabalhou com compras baseadas em previsões de vendas, para todas as peças. O resultado obtido com essa estratégia não foi satisfatório, pois o estoque atingiu níveis excessivamente elevados e de maneira desbalanceada, isto é, não houve melhoria significativa nos níveis de atendimento.

A experiência negativa com a aplicação do modelo e a falta de envolvimento, por parte do PIVO-Peças, no processo de elaboração e avaliação das previsões condicionam uma

desconfiança em relação ao seu desempenho, observando-se uma preferência pelos modelos reativos, entre os planejadores. Estes afirmam, frequentemente, que são capazes de detectar quando uma previsão feita pela área Comercial se aproximará ou não da demanda real. Logo, uma alternativa para a melhoria do processo de previsão da demanda seria a sua transferência para a responsabilidade do próprio PIVO-Peças. Dado que a empresa já possui ferramentas computacionais para a aplicação dos métodos de previsão, tanto dentro do sistema SAP quanto *softwares* auxiliares, a transferência exigiria apenas o acréscimo de tarefas na rotina da equipe.

4.2. Diagnóstico dos Problemas da Atual Gestão dos Estoques

O desempenho do estoque de peças de reposição da Whirlpool é avaliado por meio do nível de atendimento alcançado e pelo volume de peças mantidas em estoque, em valores monetários. Esses indicadores são levantados, reportados e comparados com as metas ao final de cada mês. Portanto, no caso do nível de atendimento, consideram-se atendidas todas as ordens de vendas criadas e atendidas no mesmo mês, ou seja, se uma peça foi pedida pelo cliente no primeiro dia do mês e o mesmo cliente recebeu a peça apenas no dia 30, a peça teve 100% de atendimento. No caso do estoque, não se considera quanto foi mantido durante o mês, mas apenas o que restou ao final do último dia. Esse tipo de controle não é o mais correto e pode até gerar ineficiências no processo, porém, possui vantagens práticas e gerenciais.

Em 2010, observou-se um aumento significativo no nível de atendimento das peças de reposição. Esse aumento foi alcançado à custa de um aumento ainda mais significativo do estoque. Esses aumentos não foram planejados detalhadamente, de modo que não houve uma avaliação se o aumento no estoque foi estritamente o necessário para a melhoria do atendimento, ou se houve um superdimensionamento dos estoques de segurança

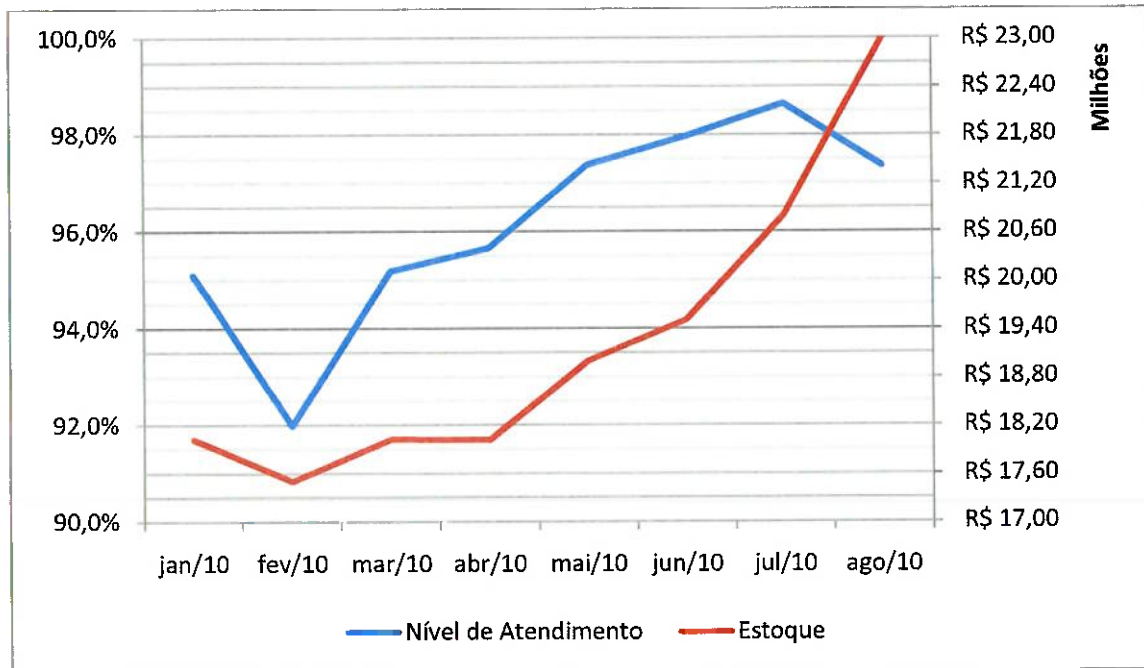


Figura 4-2: Evolução do nível de atendimento e aumento do estoque.

O PIVO-Peças recebe o custo unitário das peças como dados, retirados do sistema SAP da empresa. Por isso, os profissionais da área não possuem nenhum conhecimento formal sobre a estrutura de custo das peças e, conseqüentemente, não podem promover ações para a redução desses custos. O custo de armazenagem, para efeitos de planejamento, é considerado como uma taxa percentual constante do custo unitário e o custo de pedido também não possui estimativas atualizadas. Portanto, para que ações de melhoria no planejamento das peças de reposição sejam economicamente interessantes e viáveis, devem buscar a redução da quantidade de peças mantidas em estoque, pois estas representam uma imobilização de recursos financeiros da empresa.

A alternativa proposta para abordar parte dos problemas relacionados à gestão dos estoques de peças de reposição é a realização de simulações da aplicação de um modelo baseado em previsões de demanda. Essa alternativa foi escolhida, pois se entende que ela aborda diretamente três problemas:

- Não utilização de previsões de demanda para o planejamento das aquisições da maioria das peças de reposição.
- Aparente inadequação do cálculo de estoque de segurança do modelo ativo de controle de estoque atualmente utilizado.
- Excesso de estoque, isto é, o bom nível de atendimento alcançado pode ser mantido com níveis menores de estoque.

Figura 4-3: Planilha de Simulação

Como a Whirlpool tem à sua disposição ferramentas específicas para a previsão de demandas, incluindo módulos do sistema SAP, o objetivo do desenvolvimento das planilhas no *MS Excel* não foi a obtenção de modelos e parâmetros ótimos para a previsão, mas sim a criação de um modelo flexível, que permitisse a livre manipulação de parâmetros e variáveis para a realização de testes. Também não é objetivo principal do sistema de simulação tornar-se uma ferramenta de previsão da demanda, mas sim uma ferramenta para a parametrização do modelo de controle baseado em previsões.

A determinação dos parâmetros de suavização, por exemplo, é feita a partir do teste de todas as possibilidades de combinações entre os parâmetros, variados com o incremento de 0,1. Esse método não garante uma definição de parâmetros ótimos, por causa da ordem de grandeza do incremento, mas já é considerado suficiente para a avaliação do modelo de gestão. Ainda assim, a execução desse método pode ter longa duração, dependendo da quantidade de incluídos na simulação e dos recursos computacionais disponíveis. Por esse motivo, incluiu-se na simulação a possibilidade de ter parâmetros de suavização exponencial dados.

As pastas de simulação são divididas em três planilhas secundárias ou abas:

- “Dados”, onde são armazenadas as informações sobre as peças de reposição relevantes para a simulação, tais como o histórico de demanda mensal, o nível de atendimento desejado, o custo unitário, etc.
- “Cálculos”, que contém as equações que compõem os métodos de previsão, as simulações de compras, vendas e consequentes faltas, bem como os níveis de atendimento e estoques de segurança testados. O uso dessa série de valores tem por objetivo determinar, através de tentativa e erro, o estoque de segurança necessário para assegurar o nível de serviço especificado para a peça, na base de “Dados”.
- “Resultados”, onde são armazenados, para cada material e estoque de segurança envolvidos na simulação, a quantidade média de peças em estoque ao final de cada período e o nível de atendimento alcançado. Nessa planilha também foi criada uma lógica para determinar, com base no nível de atendimento especificado na base de “Dados”, qual o fator de segurança mínimo necessário. Trata-se, pois, de uma calibração do modelo.

A Figura 4-4 representa o fluxo da simulação de um modelo de gestão do estoque, baseado em previsões de demanda.

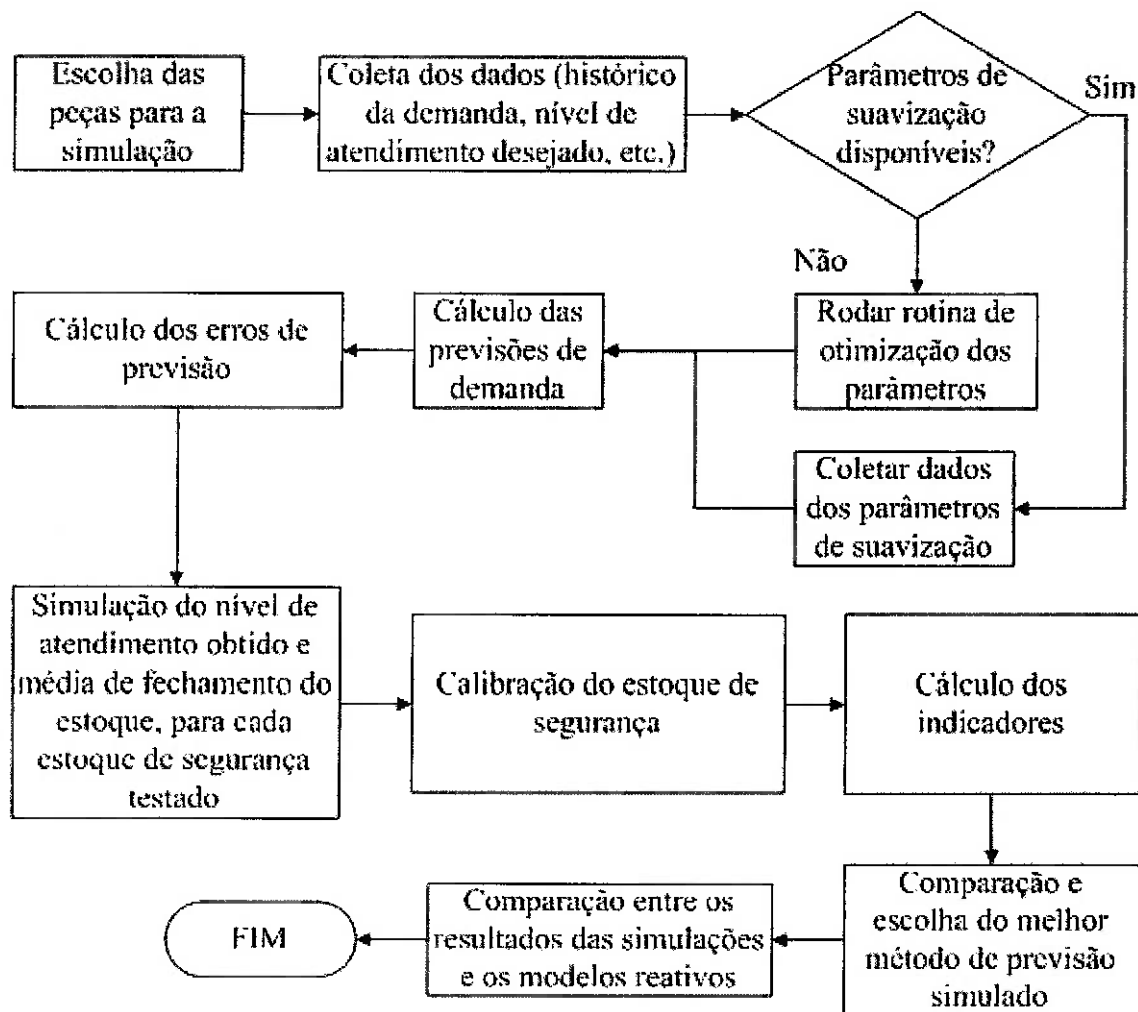


Figura 4-4: Fluxo da simulação do modelo baseado em previsões de demanda.

O objetivo da simulação consiste em avaliar qual seria o desempenho do estoque caso fosse controlado conforme o modelo baseado em previsões de demanda. Para isso, adota-se um determinado período da série histórica como novo período inicial, no qual as previsões começam a ser realizadas. A partir de então, em cada período se calcula a previsão para o período seguinte.

A Tabela 4-4 apresenta um exemplo do cálculo do erro das previsões de demanda de uma peça.

Tabela 4-4: Cálculo do erro das previsões

Período (t)	Demanda Real (d_t)	Previsão da Demanda (F_t)	Erro Absoluto ($EA_t = F_t - d_t $)	Erro Absoluto Médio ($EAM_t = \frac{\sum_{i=12}^t EA_t}{t-12+1}$)
1	302	Período de inicialização do modelo de previsão		
2	736			
3	726			
⋮	⋮			
12	934			
13	672	634	38	38
14	582	724	142	90
15	702	534	168	116
16	676	825	149	125
17	1098	774	324	165
18	506	748	242	177
19	1390	1105	285	193
20	858	820	38	173
21	688	771	83	163
22	862	800	62	153
23	686	896	210	158
24	416	648	232	165
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	820	1378	558	236
32	730	872	142	231
33	468	742	274	233
34	480	782	302	236
35	372	722	350	241
36	316	468	152	237

Nota-se que a previsão de demanda para um período é sempre calculada no período imediatamente anterior. Além disso, o Erro Absoluto Médio é calculado sobre todo o histórico de erros disponível. Uma alternativa seria considerar um histórico rolante de, por exemplo, 6 períodos. Nesse caso, o EAM no 24º período seria igual a:

$$EAM_{24} = \frac{193 + 173 + 163 + 153 + 158 + 165}{6} = 168 \quad ?$$

Esse método é útil quando o padrão da demanda muda significativamente, durante a série analisada. Como esta é formada por apenas 24 períodos, que é um histórico relativamente pequeno para a distinção de dois parâmetros diferentes, considerou-se desnecessário o uso do histórico rolante, visto que o tamanho desse histórico constituiria mais uma variável na simulação e comparação dos modelos de previsão.

A próxima etapa é a simulação das necessidades de compra geradas em função da demanda e as posições de estoque, em cada período. Nessa etapa da simulação, é possível verificar eventuais faltas de estoque e, conseqüentemente, calcular o nível de atendimento alcançado. Para esses cálculos, considera-se a formação de um estoque de segurança, parametrizado em função dos erros de previsão.

A Tabela 4-5 apresenta um exemplo das simulações de compras, faltas e posições finais de estoque, ou fechamentos de estoque para cada período simulado, com os mesmos dados apresentados na Tabela 4-4. Neste exemplo, foi adotado um parâmetro igual a 0,5 para o dimensionamento do estoque de segurança.

Tabela 4-5: Simulação de compras, faltas e posição final de estoque.

t	d_t	F_t	EAM_t	$E.Seg_t$ ($0,5 * EAM_t$)	Compras ($F_t + E.Seg_t - E_{t-1}$)	Posição final de Estoque (E_t) – $E_{12}=0$	Falta de estoque
13	672	634	38	19	692	20	0
14	582	724	90	45	743	181	0
15	702	534	116	58	402	0	119
16	676	825	125	62	1002	207	0
17	1098	774	165	82	628	0	263
18	506	748	177	89	1089	320	0
19	1390	1105	193	96	870	0	200
20	858	820	173	87	1112	53	0
21	688	771	163	82	802	167	0
22	862	800	153	77	713	18	0
23	686	896	158	79	954	285	0
24	416	648	165	82	440	309	0
25	488	929	186	93	700	521	0
26	900	896	173	86	465	86	0
27	404	793	187	94	791	474	0
28	786	931	185	92	549	236	0
29	548	1051	203	102	905	593	0
30	1156	695	218	109	201	0	362
31	820	1378	236	118	1846	664	0
32	730	872	231	115	322	257	0
33	468	742	233	116	598	387	0
34	480	782	236	118	509	416	0
35	372	722	241	121	422	466	0
36	316	468	237	119	120	270	0
Total	16604						944
					Nível de atendimento = $1 - (944/16604) = 94\%$		

Uma importante simplificação é a consideração de um *Lead Time* igual a um mês, para todas as peças cujo controle de estoques foi simulado. Embora essa hipótese tenha um grande impacto nos cálculos dos métodos de previsão e nas decisões de compra, ela não compromete a validade da simulação, tendo em vista que grande parte das peças realmente têm *Lead Time* menor ou igual a 30 dias. Na Figura 4-5, observa-se que quase a metade dos itens se enquadra nessa condição. Ao se descartar as peças importadas, cuja totalidade tem *Lead Time* superior a 30 dias, observa-se que em 80 % das peças ativas a simplificação permanece válida para a aplicação prática.

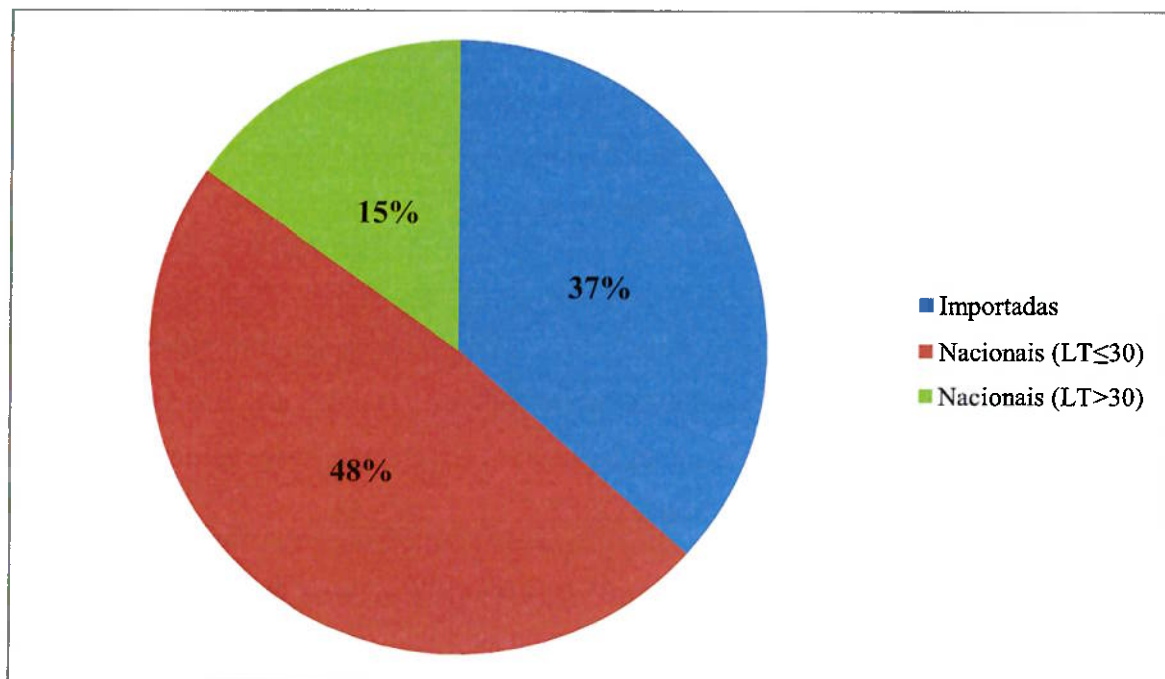


Figura 4-5: Representatividade das peças com *lead time* menor ou igual a 30 dias.

Além disso, outras duas situações atuais do planejamento das peças de reposição motivaram a simplificação do *Lead Time*. Em primeiro lugar, as previsões são realizadas mensalmente, inclusive para peças com *Lead Time* menores do que 30 dias. Em segundo lugar, o histórico da demanda também é consolidado mensalmente, o que dificulta a estimativa, por exemplo, da variação da demanda diária. O histórico disponível também não é muito extenso, limitando a utilização de demandas agrupadas em períodos maiores, por exemplo, em trimestres. No entanto, a simulação de outros *Lead Times* se apresenta como um possível desdobramento desta proposta.

Na simulação, assume-se que os pedidos de compra são efetuados no início de cada período, e as peças chegam ao estoque no início do período seguinte. Não se leva em conta a possibilidade de atrasos na entrega das peças.

Atualmente, não se faz nenhum tipo de medição dessa variação do *Lead Time*. A solução prática encontrada, a multiplicação do estoque de segurança por um fator de flexibilidade (Tabela 4-2), eleva o estoque de segurança sem que se discrimine a quantidade dedicada à proteção contra variações no prazo de entrega e a quantidade para evitar faltas decorrentes da variação da demanda.

Portanto, a desconsideração dos atrasos é conveniente, pois permite a análise somente dos efeitos da variação da demanda, que é, de fato, o objeto das simulações. Assim como a simulação de *Lead Times* diferentes do que 30 dias, a simulação de *Lead Times* variáveis também compõe a possibilidade de desdobramento para este trabalho.

A simulação é concluída com a determinação do estoque de segurança necessário para atingir o nível de atendimento desejado, através da calibração do parâmetro aplicado ao erro das previsões. Essa calibração é feita através de tentativa e erro, em que se percorre uma sequência crescente de valores possíveis para o parâmetro até que se obtenha um estoque de segurança adequado ao nível de serviço almejado.

A Tabela 4-6 expõe os possíveis valores para a parametrização do estoque de segurança, definidos arbitrariamente e utilizados nas simulações.

Tabela 4-6: Possíveis valores para o parâmetro do estoque de segurança.

0	0,3	1,5	5
0,05	0,35	2	6
0,1	0,4	2,5	7
0,15	0,45	3	8
0,2	0,5	3,5	9
0,25	1	4	10

A peça utilizada como exemplo para ilustrar a simulação tem um nível de atendimento especificado em 98%. A simulação completa da aplicação do modelo a essa peça fornece os resultados resumidos na Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Parâmetros do estoque de segurança e níveis de atendimento.

Parâmetro do Estoque de Segurança	Nível de Atendimento obtido
-	92%
0,05	92%
0,10	92%
0,15	93%
0,20	93%
0,25	93%
0,30	94%
0,35	94%
0,40	94%
0,45	94%
0,50	94%
1,00	96%
1,50	98%
2,00	99%
2,50	100%
⋮	⋮
10,00	100%

Verifica-se que, entre os valores pré-estabelecidos para a simulação, o necessário para obter um atendimento de 98% é o parâmetro igual a 1,50, isto é, o estoque de segurança deve, em cada período, ser 50% maior do que o Erro Absoluto Médio das previsões.

Concluída a simulação, calcula-se o estoque de segurança médio resultante, pois este, junto com o nível de atendimento, serve como indicador de desempenho do estoque. Logo, as decisões em relação aos modelos aplicados na gestão do estoque são tomadas com base na análise, principalmente, dos resultados apresentados através desses dois indicadores.

Atualmente, a empresa utiliza como indicador de desempenho de seus estoques peças de reposição a posição de estoque, ao final do mês, convertida em unidades monetárias por meio do custo total das peças. Portanto, os resultados da simulação também podem ser analisados a partir da média das quantidades de peças em estoque, ao fim de cada período, ou fechamento de estoque, como é mais comumente chamado.

No exemplo de simulação apresentado na Tabela 4-5, o estoque de segurança médio e o fechamento de estoque médio obtidos são:

$$\sum_{i=13}^{36} \frac{E.Seg_t}{24} \cong 83$$

$$\sum_{i=13}^{36} \frac{E_t}{24} \cong 247$$

4.4. Principais Resultados das Simulações

Aplicar um modelo de gestão de estoques baseado em previsões de demanda não é recomendável para qualquer tipo de item, principalmente quando se tratam de peças de reposição. Itens com pouco histórico ou que possuem demanda esporádica dificilmente terão uma boa administração através desse modelo.

O primeiro critério de escolha das peças para as simulações foi o histórico de demanda. Selecionaram-se peças que apresentaram demanda não nula nos últimos 36 meses do histórico, ou seja, optou-se por itens de alto giro. Nessa condição, podem-se considerar válidas as propriedades da Distribuição Normal, por exemplo, no uso do Erro Absoluto Médio de previsão para o dimensionamento do estoque de segurança.

Com essa quantidade de dados, os modelos já têm um desempenho razoável, inclusive na avaliação da existência de sazonalidade da demanda ao longo de um ano. Além disso, a consulta aos registros do histórico da demanda total das peças de reposição, representados na Figura 4-6, revela que os dados anteriores ao ano de 2006, destacados pela série na cor vermelha, não são confiáveis, impedindo o uso de uma série histórica mais longa.

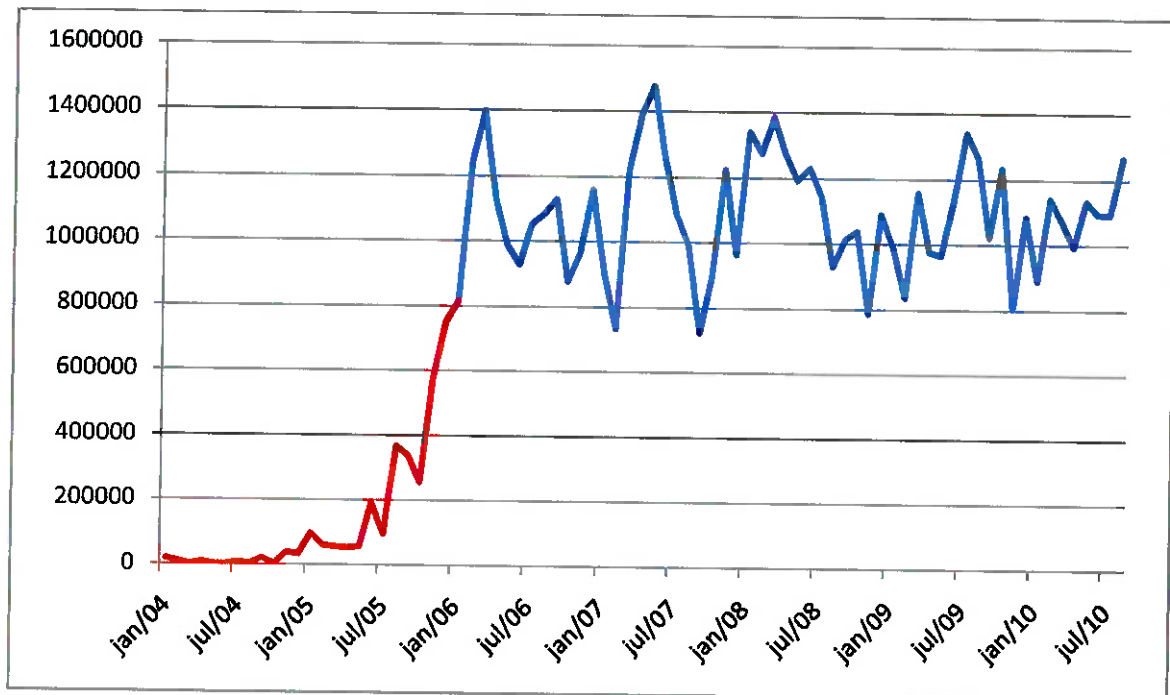


Figura 4-6: Histórico da demanda total das peças de reposição.

Enquadraram-se nessa condição 2.375 SKUs. Entretanto, as simulações foram realizadas apenas com os itens mais importantes, de valor A, totalizando 409 SKUs. Assim, foram envolvidos itens das Classes I, III e X, definidas de acordo com a reformulação proposta no Capítulo 3.

Comparar os resultados das simulações ao desempenho real dos modelos de gestão de estoque em uso, no planejamento de peças de reposição, não é adequado. Eventos que comprometem a disponibilidade de peças, tais como atrasos na entrega, peças danificadas no estoque e divergências entre estoque contábil e físico, são comuns, mas que requereriam modelos probabilísticos complexos para a simulação de condições próximas a realidade. Não se pode afirmar, portanto, que um modelo terá um desempenho real melhor apenas com base em resultados positivos de simulações simplificadas, como a proposta neste trabalho.

Para contornar essa adversidade, a avaliação dos resultados das simulações fundamenta-se na comparação entre o estoque de segurança determinado pela mecânica de tentativa e erro proposta, e o estoque de segurança calculado através de fórmulas analíticas de modelos reativos, que combinam o desvio padrão do histórico da demanda e um fator de segurança relacionado à Curva Normal (Tabela 2-1).

Os estoques de segurança comparados têm o propósito comum de absorver variações de demanda, pois são dimensionados com base na probabilidade de haver um consumo acima

de um nível determinado. Por isso, optou-se por comparar modelos de estoque por meio dos respectivos estoques de segurança. Dado um nível de atendimento, considera-se mais eficiente o modelo que gera o menor estoque de segurança.

Interpretando de outra maneira simplificada, caso a premissa dos modelos analíticos seja verdadeira e a demanda realmente siga o comportamento da Curva Normal, períodos com demanda acima da média acontecerão com a mesma frequência que períodos com demanda abaixo da média. Logo, o estoque final em cada período será, em média, igual ao estoque de segurança.

Retomando o exemplo da Seção 4.3, em que a peça tem um nível de atendimento especificado em 98%, e o estoque de segurança médio resultante da simulação foi de aproximadamente 83 unidades, o estoque de segurança para essa peça, calculado pela fórmula do modelo reativo seria:

$$E.S. = \sigma * z = 263,88 * 2,05 \cong 541 \text{ unidades}$$

Nesse exemplo, o modelo simulado é considerado superior ao modelo analítico, pois proporciona redução de 458 unidades de estoque de segurança, sem comprometer o nível de atendimento. As análises e conclusões tiradas a partir dos resultados das simulações baseiam-se nesse critério.

A Tabela 4-8 contém um resumo, agrupado por classes, das reduções dos estoques de segurança, quando se adota o modelo simulado de previsão da demanda. Apresenta-se a redução do estoque de segurança em unidade e em valor monetário, estimado através dos custos das peças de reposição. Essa forma de apresentação dos resultados, em valores monetários, não foi utilizada anteriormente porque os custos unitários das peças de reposição são informações sigilosas da empresa. No entanto, expondo esses valores agrupados por classes, sem explicitar quais peças cada uma delas compreende, evita-se que as informações sigilosas sejam divulgadas e, simultaneamente, consegue-se exprimir o valor econômico das eventuais melhorias trazidas pela solução proposta.

Tabela 4-8: Redução dos estoques de segurança.

Classe /Qtde. SKUs	E.S. no modelo reativo (pçs)	E.S. no modelo simulado (pçs)	Redução do E.S. (pçs)	Redução do E.S. (R\$)
I-85 (128)	88.957	1.838	87.119	235.000
I-90 (8)	247	13	234	10.000
I-95 (3)	1.100	284	816	6.000
I-98 (127)	58.286	24.016	34.270	377.000
I-99 (4)	217	32	185	3.000
III-85 (11)	5.322	1.871	3.451	13.000
III-90 (1)	50	2	48	7.500
III-95 (3)	125	60	65	2.500
III-98 (12)	7.302	6.034	1.268	65.500
III-99 (1)	83	11	72	1.500
X-85 (22)	72.496	642	71.854	74.000
X-90 (2)	86	12	74	2.500
X-98 (22)	44.295	30.421	13.874	149.000
X-99 (43)	55.165	19.760	35.406	352.000
TOTAL (387)	333.730	84.993	248.737	1.298.500

A maioria dos 409 itens que tiveram seu controle de estoque simulado segundo o modelo proposto apresentou a possibilidade de redução do estoque de segurança, em relação ao sugerido analiticamente pelos modelos reativos, sem redução do nível de atendimento.

Entre as peças envolvidas na simulação, apenas 22 não sofreram redução no estoque de segurança, o que indica que, para esse reduzido grupo de peças, o modelo utilizado atualmente é melhor do que o modelo com base em previsões proposto.

A Classe para a qual se obteve a maior redução foi a Classe I-98. Além de conter grande quantidade de SKUs, essa classe é caracterizada por itens cuja demanda apresenta baixa variabilidade, o que favorece os modelos de previsão. Por isso, os resultados da simulação são melhores do que os resultados das fórmulas analíticas de estoque de segurança, que são duplicados em função do fator de segurança definido para o nível de atendimento de 98%.

Outra classe que se destaca é a Classe X-99. A redução é tão significativa nessa classe porque nela estão peças de alta variabilidade e alta previsibilidade. A primeira característica prejudica os modelos reativos, que dimensionam o estoque de segurança com base na variação da demanda, o que significa que esse tipo de modelo apontará a necessidade de um estoque de segurança elevado. A segunda característica favorece os modelos de previsão, pois implica que, embora a demanda varie bastante, essa variação pode ser satisfatoriamente prevista. Como o erro das previsões é baixo, o estoque de segurança gerado no modelo simulado também é reduzido.

4.5. Sistema de Interface com o Usuário

Para estimular o uso da simulação do modelo baseado em previsões de demanda, por parte dos analistas do PIVO-Peças, foi elaborado um sistema de interface com o usuário. Esse sistema, desenvolvido no *software MS Excel*, tem por objetivo facilitar a realização das simulações, apresentadas ao usuário no formato “*cockpit*”, em que os comandos são dados através de botões.

Na Figura 4-7, reproduz-se a tela de apresentação do sistema. Neste menu, o usuário faz a escolha entre a simulação que inclui o cálculo dos parâmetros de suavização exponencial dos modelos de previsão, e a simulação que assume esses parâmetros como dados. Essas opções são dadas ao usuário porque, quando o cálculo dos parâmetros é dispensado, a simulação é concluída muito mais rapidamente. Nesse caso, os dados referentes aos parâmetros são retirados de simulações anteriores ou de outros *softwares*, por exemplo, do módulo de previsão do sistema SAP da empresa.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

Simulação do modelo de estoque baseado em Previsões de Demanda



Simulação com cálculo dos
parâmetros de suavização
exponencial *

Simulação com
parâmetros de suavização
exponencial dados

* O cálculo dos parâmetros de suavização exponencial pode levar alguns minutos.



Figura 4-7: Menu inicial do sistema de simulação.

Ao clicar no primeiro botão, de simulação com o cálculo dos parâmetros, o usuário é direcionado a uma tela semelhante à apresentada na Figura 4-8. Caso selecione a simulação com parâmetros dados, a tela aberta é semelhante à apresentada na Figura 4-9.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

Simulação com cálculo dos parâmetros de suavização



Insira os códigos das peças para as quais se deseja simular o modelo:

Código
00516
00047
50583
34407
87030
85480
36996
22242
80841
57565
00208
87230
14621
40030
00150
90131
31125
66187
12775
13997
86196

Plan1 Plan2 Plan3 Plan4 Plan5 Plan6

Figura 4-8: Tela de *input* das peças para simulação.

Na tela de *input* da primeira opção de simulação (Figura 4-8), devem-se inserir, nos campos delimitados, os códigos das peças cujo controle se deseja simular. O botão “OK” dá início às simulações e o botão “Cancelar” retorna ao menu inicial.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

Simulação com parâmetros de suavização dados



Insira os códigos das peças para as quais se deseja simular o modelo:

Código	α	β	γ
00516	0,2	0,0	0,0
00047	0,2	0,1	0,1
50583	0,3	0,0	0,3
34407	0,1	0,6	0,0
87030	0,1	0,0	0,1
85480	0,6	0,9	0,0
36996	0,1	0,0	0,1
22242	0,1	0,4	0,1
80841	0,8	0,0	0,0
57565	0,6	0,9	0,2
00208	0,1	0,4	0,1
87230	0,3	0,0	0,2
14621	0,3	0,1	0,0
40030	0,5	0,2	0,1
00150	0,4	0,0	0,0
90131	0,6	0,3	0,0
31125	0,2	0,5	0,7
66187	0,0	0,1	0,0
12775	0,0	0,2	0,0

Figura 4-9: Tela de *input* das peças, com parâmetros de suavização.

A tela de *input* da segunda opção (Figura 4-9) difere da primeira apenas em relação aos parâmetros de suavização exponencial. Quando o usuário escolhe esta opção, o sistema faz uma busca em seu banco de dados pelos códigos inseridos e os parâmetros correspondentes. Caso estes não estejam disponíveis, podem-se inserir os valores manualmente.

Quando a simulação é concluída, o usuário é direcionado para uma tela semelhante à representação da Figura 4-10. Nesse menu, escolhe-se como os resultados serão exibidos, de maneira resumida e consolidada ou individual e detalhadamente.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

Simulação Concluída!



Quantidade de códigos analisados:

21

Exibir o relatório com o
resumo dos resultados

Exibir o relatório detalhado,
por código de peça

Figura 4-10: Menu de relatórios dos resultados.

A opção pelo relatório resumido leva à tela apresentada na Figura 4-11. São exibidos todos os códigos envolvidos na simulação, suas respectivas classes, os resultados gerados pela simulação para o parâmetro e a quantidade de peças do estoque de segurança necessária para atingir o nível de atendimento pré-definido, bem como o modelo de previsão que melhor se ajustou ao padrão da demanda.

Nesta tela o usuário tem a opção de mudar a exibição dos resultados para o formato de relatório detalhado, salvar os resultados, retornar para o menu inicial do sistema ou fechá-lo.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

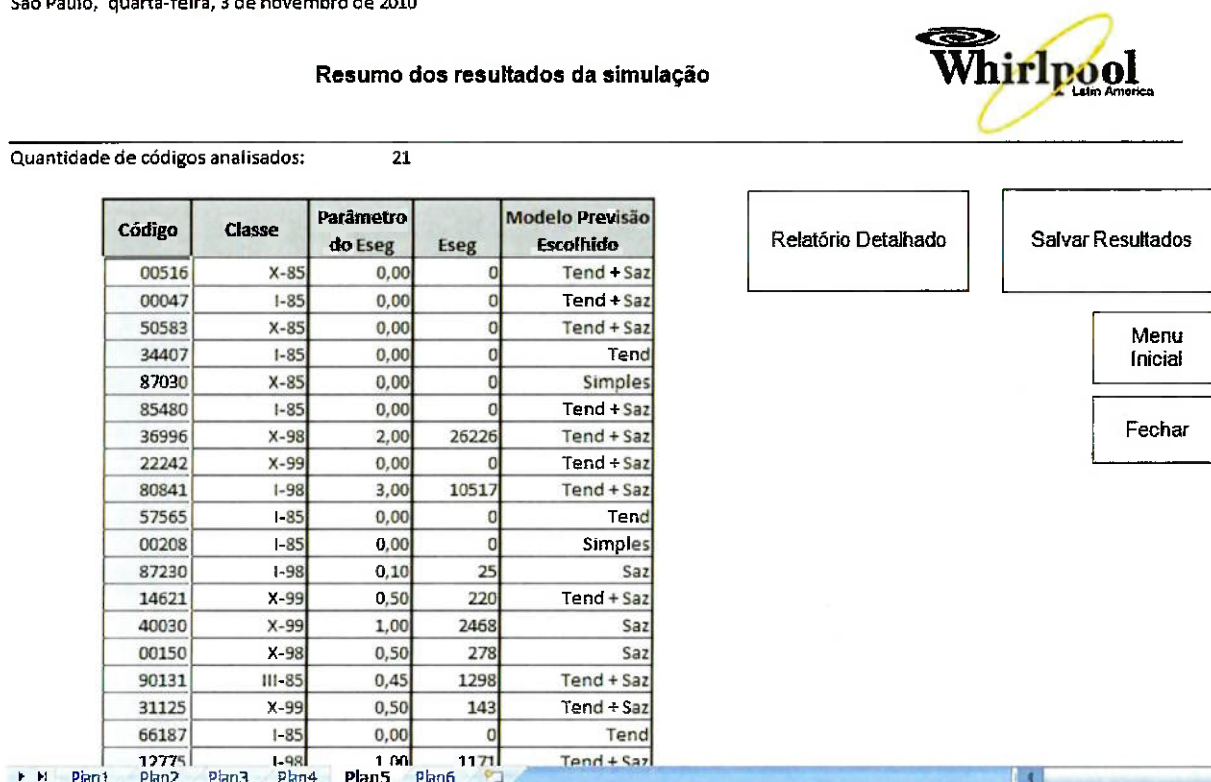


Figura 4-11: Tela do relatório resumido dos resultados.

A Figura 4-12 exibe um fragmento do relatório detalhado dos resultados da simulação. Todos os dados presentes na tela correspondem a um único material, por isso o usuário tem a possibilidade de escolher, entre os códigos incluídos na simulação, qual será exibido em detalhes.

São Paulo, quarta-feira, 3 de novembro de 2010

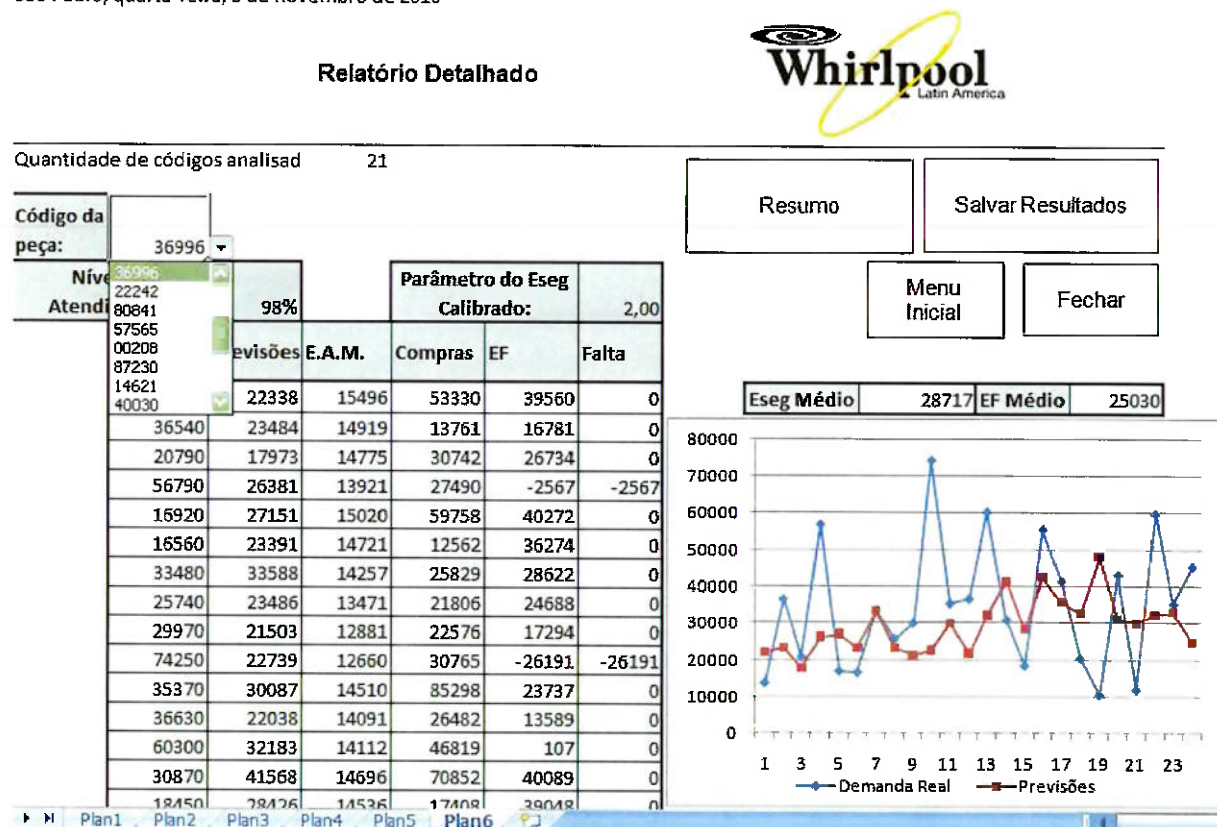


Figura 4-12: Tela do relatório detalhado.

O relatório apresenta, para cada período da simulação, informações sobre o histórico da demanda, das previsões geradas durante a simulação, os erros absolutos médios das previsões e as simulações de compras, fechamento do estoque e faltas.

Apresentam-se também o parâmetro calibrado para o estoque de segurança e os resultados do estoque de segurança médio e o fechamento médio de estoque. Neste relatório detalhado inclui-se a representação gráfica da série histórica de demanda e as previsões correspondentes.

O usuário tem à sua disposição comandos para abrir o resumo de resultados, salvar os resultados, retornar ao menu inicial ou fechar o programa.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo de conclusão do Trabalho de Formatura, realiza-se uma síntese do problema abordado, das soluções propostas e dos resultados obtidos. Em seguida, apresenta-se uma análise crítica do método aplicado, apontando algumas de suas vantagens e limitações. Por fim, sugerem-se desdobramentos para o trabalho e o capítulo é encerrado com algumas considerações finais.

5.1. Síntese

O objetivo deste trabalho foi analisar e reavaliar os atuais processos da Whirlpool para a classificação de peças de reposição e a gestão de seus estoques, apontando oportunidades para reduções de estoques sem afetar os bons níveis de atendimento alcançados pela empresa. O trabalho foi dividido em duas propostas principais: a reformulação da classificação das peças de reposição; e a simulação de um modelo de controle de estoques baseado em previsões de demanda.

A classificação das peças é fundamental para a administração do estoque, pois se trata de uma maneira eficaz de gerenciar uma quantidade grande de itens diferentes. Busca-se agrupar peças semelhantes para que sejam tratadas da mesma forma, sem a necessidade de análise caso a caso. Para isso, as classes não podem conter peças com característica significativamente diferentes, situação que foi detectada na atual classificação.

A reformulação proposta resolve esse problema de ambiguidade das classes, criando novas divisões. A situação em que o analista, ao se deparar com a classe da peça, deve considerar que a peça pode ter essa classificação por motivos diferentes não acontece mais na nova classificação. A peça pertence à determinada classe porque tem um único e determinado conjunto de atributos.

Outra melhoria obtida pela nova classificação deve-se a adição, na nomenclatura da classe, do termo que representa explicitamente o nível de atendimento definido para a peça. Esse dado explícito permite que se verifique prontamente se a peça está tendo uma administração adequada.

A atual gestão dos estoques das peças de reposição pode ser considerada bem desenvolvida e complexa. Os processos se apoiam em um sistema de informação robusto e consideravelmente automatizado, com diversas premissas teóricas incorporadas.

No entanto, em alguns pontos essa gestão ainda é inadequada, por exemplo, a respeito da previsão da demanda. O modelo de controle de estoque baseado em previsões utilizado atualmente não tem se mostrado adequado, principalmente em relação ao dimensionamento dos estoques de segurança. O processo de elaboração das previsões também é problemático, pois é realizado isoladamente na área comercial da empresa, sem a atuação dos responsáveis pelo controle do estoque. Naturalmente, cria-se um receio em relação ao modelo ativo de controle do estoque e uma preferência pelos modelos reativos.

A proposta de um sistema de simulação da aplicação de um modelo de controle de estoque baseado em previsões de demanda tem por objetivo avaliar o desempenho desse tipo de modelo na administração dos estoques de peças de reposição. A simulação também é uma ferramenta útil para a parametrização do modelo de controle do estoque, por exemplo, para dimensionar estoques de segurança.

Os resultados obtidos permitem concluir que realmente a utilização das previsões de demanda traria benefícios para o controle dos estoques de peças, uma vez que indicam a possibilidade de redução de estoques de segurança sem o comprometimento do nível de atendimento.

5.2. Análise Crítica

Este trabalho foi beneficiado pelo livre acesso do autor a informações sobre o controle de estoques de peças de reposição. Foi possível realizar uma descrição detalhada dos processos e identificar diversas oportunidades de melhoria. Desse modo, as soluções propostas adéquam às necessidades da área de PIVO-Peças e apresentam viabilidade prática para uma rápida implantação.

Devido às simplificações do modelo de simulação, não foi possível comparar os resultados obtidos ao desempenho real dos atuais modelos de controle de estoque. Para efetuar tal comparação, o modelo simulado teria que ser implantado efetivamente, para que fosse afetado por eventos inerentes ao cotidiano da administração de estoques, como atrasos de entrega, problemas relacionados a notas fiscais ou bloqueios no estoque.

Não é proposto nenhum modelo inovador ou revolução do ponto de vista teórico. As melhorias limitam-se a ajustes de situações inadequadas para a gestão eficiente de peças e aplicações práticas de conceitos básicos de controle de estoques

5.3. Desdobramentos

Como as soluções propostas foram divididas em dois temas principais, a classificação das peças de reposição e a gestão dos estoques das peças de reposição, seus desdobramentos serão divididos da mesma forma.

- **Classificação das peças de reposição**

Um importante desdobramento para a proposta de reformulação da classificação é a revisão dos critérios de classificação. Os resultados obtidos não permitem avaliar se os critérios usados são adequados para definir se uma peça é esporádica ou repetitiva, tem variabilidade alta ou baixa, tem previsibilidade alta ou baixa, ou até mesmo se as faixas usadas na classificação A-B-C são coerentes.

É necessário trabalhar para que mais informações sejam consideradas na classificação das peças. O conhecimento do comportamento da demanda no longo prazo, por exemplo, é fundamental para classificar peças. São necessários estudos sobre seu ciclo de vida, para que se determine com mais exatidão quanto tempo, a partir do lançamento de um produto, determinada peça leva para começar a ter demanda, ou quando entrará na fase de estabilidade, ou ainda em quanto tempo a peça deixará de ter demanda. Para isso, é necessária a implantação de um controle mais rigoroso da data de criação das peças.

Outras informações que poderiam ser consideradas são: produtos em linha ou não, família do produto (fogão, geladeira, microondas, etc.), família da peça (compressor, gaxeta, porta, mecanismo, porca, arruela, etc.).

- **Gestão de estoques de peças de reposição**

Um desdobramento imediato da proposta de se realizar simulações com base na série histórica da demanda seria a elaboração de modelos mais sofisticados, que consideram *Lead Times* diferentes de 30 dias ou, até mesmo, *Lead Times* variáveis, descritos por distribuições de probabilidades. Também é interessante a simulação de modelos reativos, em que seriam

testados os parâmetros calculados através das fórmulas analíticas e a partir deles, por tentativa e erro, seria verificado o desempenho com a aplicação de outros parâmetros.

Elaborados outros modelos de simulação, os testes deveriam se estender para todas as peças ativas, incluindo as peças com pouco histórico de demanda ou cuja demanda é pequena e esporádica.

implantar!

5.4. Considerações Finais

Para a definição dos temas abordados e soluções propostas, buscou-se respeitar os limites de atuação da área de Planejamento de Peças. Mantendo o foco do trabalho dentro da área, facilita-se o acesso às informações necessárias para seu desenvolvimento e aumentam-se as chances de viabilizar a implantação prática das proposições formuladas. Por exemplo, não se envolveram assuntos relacionados aos chamados produtos acabados da Whirlpool (fogões, geladeiras, lavadoras, etc.). As soluções propostas não dependem da atuação de profissionais de outras da empresa e podem ser implementadas diretamente por um analista do PIVO-Peças.

No momento de avaliar e escolher propostas de solução para um problema, um ponto importante a ser considerado reside no campo da Tecnologia da Informação. No contexto em que se insere este trabalho, o desenvolvimento de simulações em planilhas *MS Excel* permite que se teste inúmeras possibilidades, adotando novas premissas, aplicando novas teorias. Em termos de flexibilidade, essa ferramenta é superior a um sistema corporativo, SAP no caso da Whirlpool. No entanto, o sistema SAP é muito mais robusto e capaz de realizar tarefas complexas de maneira totalmente automatizada, o que é muito útil para o trabalho do PIVO-Peças. Vivencia-se, neste caso, a conhecida oposição entre flexibilidade e automação da produção.

Por isso, o sistema de simulação proposto é um sistema simples, mas que é capaz de produzir informações relevantes e fundamentar análises, e possui o módulo de interface com o usuário, para estimular um uso autônomo por parte dos analistas da área, que, desse modo, agrega valor ao seu trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J.R.T. **Administração de Materiais**. Tradução de Celso Rimoli e Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 1999.

—. **Introduction to Materials Management**. New Jersey: Prentice Hall, 1998.

BOONE, C. A. **Managing Service Inventory In The Supply Chain**. Auburn: Auburn University, 2006.

BOTTER, R.; FORTUIN, L. Stocking strategy for service parts - a case study. **International Journal of Operations & Production Management** v.20, n. 6, p. 656-674, 2000.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e da outras providências.

COHEN, M. A.; LEE, H. L. Out of touch with customer needs? Spare parts and after sales service. **Sloan Management Review**, p. 55-66, 1990.

KREVER, M.; WUNDERINK, S.; DEKKER, R.; SCHORR, B. Inventory control based on advanced probability theory, an application. **European Journal of Operations Research**, p. 342-358, 2005.

LAPIDE, L. Sales and operations planning part I: The Process. **The Journal of Business Forecasting**, p. 17-19, Fall 2004.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.C.; MCGEE, V.E. **Forecasting: Methods and Applications**. John Wiley & Sons, 1983.

NEVES, G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L.J. Previsão de estoques de peças eletrônicas sobressalentes. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2008.

PRICHARD, J. W.; EAGLE, R. H. **Modern Inventory Management**. New York: John Wiley and Sons, 1965.

REGO, J. R. **A lacuna entre a teoria de gestão de estoques e a prática empresarial na reposição de peças em concessionárias de automóveis**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

SANTORO, M. C.; FREIRE, G. Análise comparativa entre modelos de estoque. **Produção**, p. 89-98, 2008.

SANTOS, A. M.; RODRIGUES, I.A. Controle de estoques de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química. **Gestão & Produção**, p. 223-231, 2006.

SILVA, G. L. C. **Modelo de estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead time estocástico**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

SILVER, E. A., PYKE D. F.; PETERSON, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

SLEPTCHENKO, A., VAN DER HEIJDEN, M. C.; VAN HARTEN, A. Using repair priorities to reduce stock investment in spare part networks. **European Journal of Operations Research**, p. 733-750, 2005.

TERSINE, R. J. **Principles of Inventory and Materials Management**. 4a ed. New Jersey: Prentice Hall International Editions, 1994.

WANKE, P. Metodologia para gestão de estoques de peças de reposição: um estudo de caso em empresa brasileira. **Revista Tecnológica**, p. 60-65, dez. 2005.

WHIRLPOOL S.A. "Sobre a Whirlpool Latin America: Apresentações Institucionais." *Portal My Whirlpool*. 2009. <https://access.whirlpool.com/one/irj/portal> (acesso em 20 de Abril de 2010).