

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Gestão de Estoque Baseada em Risco

Washington Marques Sandoval

Orientador: Prof. Gilberto F. Martha de Souza

SÃO PAULO

2006

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA
POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
MECÂNICA

Gestão de Estoque Baseada em Risco

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de
Graduação em Engenharia Mecânica

Washington Marques Sandoval

Orientador: Prof. Gilberto F. Martha de Souza

Área de concentração:
Engenharia Mecânica

SÃO PAULO

2006

Sandoval, Washington Marques

Gestão de estoque baseada em risco / W.M. Sandoval. -- São Paulo, 2007.

47 p.

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

1.Administração de estoques 2.Administração de manutenção de fábricas e equipamentos (Metodologia) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

RESUMO

O trabalho visa estudar e empregar metodologias e técnicas de gestão de estoques baseada em risco. O caso estudado é o processo de produção de zinco através de eletrólise. O enfoque é dado numa sala onde acontecem processos mais automatizados.

O estudo visa a manutenção, a otimização do tempo da máquina parada em função das atividades.

O resultado final será uma sistemática estratégica para a gestão do estoque visando a diminuição do tempo de reposição das peças que podem gerar perdas para a linha de produção.

ABSTRACT

The aim of this report is to apply methods and stock management techniques based on risk. It is concentrated on a zinc production process by electrolysis. The focus is on a room where more automatized processes occur.

The study is based on machine downtime optimization due to maintenance activities.

The final result will be a stock management strategy that decreases the machine downtime period that can generate losses for the production.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Considerações Iniciais	1
1.2.	Objetivos do Trabalho	2
2.	ADMINISTRAÇÃO DE ESTOQUES.....	3
2.1.	Conceito.....	3
2.2.	Objetivos.....	4
2.3.	Custos	5
2.4.	Sistemas de Estoque	6
3.	ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO	7
3.1.	Introdução	7
3.2.	Definição.....	7
3.3.	Incerteza.....	9
3.4.	Gestão e Avaliação do Risco	10
3.5.	Controlabilidade do Risco	12
4.	MÉTODO	16
4.1.	Introdução	16
4.2.	Priorização	17
4.3.	Simulação	19
4.4.	Análise.....	25
5.	CASO EXEMPLO	27
5.1.	Aplicação	27
5.2.	Simulações	32
5.3.	Conclusão	43
6.	CONCLUSÕES	46
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1.INTRODUÇÃO

1.1.Considerações Iniciais

Em processos produtivos onde estão envolvidas diversas etapas podem ocorrer falhas das máquinas e ferramentas pelas quais a equipe de engenharia de manutenção não espera. As falhas podem causar desde danos mínimos à produção até multas milionárias às empresas que podem também ter a confiança abalada com os compradores de seus produtos.

Para minimizar essa perda é preciso ter um estoque adequado de peças. Porém a determinação dos níveis de estoque é uma tarefa que exige análises profundas e a utilização de um método com rigor para que o resultado seja confiável. Esse é o estudo que esse trabalho se propõe a realizar.

Toda e qualquer empresa visa o lucro, e somente com ele ela pode crescer no mercado em que está inserida. Tendo isso em vista deve-se entender que o estoque tem um custo que pode ser bastante alto em caso de peças importantes. Também deve-se saber que a falta de estoque causa diminuição do lucro que também pode ser bastante alta.

Daí surge a necessidade de conciliar as perdas devido a níveis baixos de estoque com os custos de se ter um estoque.

A tarefa mais complexa do estudo é a quantificação do risco de não haver peças em estoque para reposição. Esse fato exige que conceitos de gestão de estoque e de risco sejam abordados detalhadamente como parte do método usado nesse trabalho.

1.2.Objetivo do Trabalho

O trabalho tem como objetivo estudar metodologias que visam a melhora das operações de manutenção de uma linha de produção. A melhora da manutenção é baseada na diminuição do tempo de máquina parada devido aos níveis de estoque de peças que sofrem reparos ou que precisam ser trocadas.

Devem ser discutidas e analisadas estratégias para se obter o dimensionamento dos níveis de estoque para cada peça individualmente. Após esse processo é feito um estudo no conjunto de níveis de estoque para uma gestão do estoque como um todo.

Todas as análises são baseadas em risco. São feitas quantificações desses riscos e muitas vezes serão chamados de custos. O termo gestão baseada na relação entre risco e custos indica uma separação entre risco e custo. Isso indica que são chamados de custos os fatores que geram despesas relativas a aquisição de materiais, de capital, de manutenção para o estoque e outros. As despesas referentes a qualquer tipo de falha ou que gere diminuição da produção, por consequência que gere impactos econômicos, são chamadas de risco.

2.ADMINISTRAÇÃO DE ESTOQUES

2.1.Conceito

Estoque é a quantidade de qualquer item ou recurso usado em uma organização. Um sistema de estoque é um conjunto de políticas e controles que monitoram os níveis de estoque e determinam quais níveis deveriam ser mantidos, reabastecidos, bem como define os itens prioritários de reposição.

Estoque de manufatura geralmente se refere aos itens que contribuem para a produção de produtos. O estoque de manufatura é classificado em:

- Matérias-primas;
- Produtos acabados;
- Peças componentes;
- Suprimentos;
- Estoque em processo.

O propósito básico da análise do estoque na manufatura e nos serviços de manutenção é especificar quando os itens devem ser pedidos e quão grande o pedido deveria ser. Muitas empresas tendem a entrar em relacionamentos de prazos mais longos com os fornecedores para suprir suas necessidades para, talvez, o ano todo. Essa situação muda de “quando” e “quantos pedir” para “quando” e “quanto entregar”.

Os conceitos envolvidos são baseados no material de Chase (2006), Gaither (1999), Davis (2001) e Takahashi (1993).

2.2.Objetivos do Estoque

Todas as empresas mantêm um nível de estoque pelos seguintes motivos:

- a. **Manter a independência das operações.** Um suprimento de materiais num centro de trabalho permite a flexibilidade desse centro nas operações. A independência das estações de trabalho é desejável nas linhas de montagem. O tempo que leva para fazer operações idênticas naturalmente deve variar de uma unidade para outra. Assim sendo, é desejável ter uma reserva de peças dentro da estação de trabalho para que os *lead times* mais curtos possam ser compensados pelos *lead times* mais longos. Desse modo, a produção média pode ser bastante estável.
- b. **Cumprir a variação na demanda do produto.** Se a demanda pelo produto for conhecida com precisão, será possível, embora não econômico, fabricar o produto para cumprir exatamente a demanda. Geralmente a demanda não é conhecida por completo, e um estoque de segurança precisa ser mantido para absorver a variação.
- c. **Permitir a flexibilidade na programação da produção.** Um estoque alivia a pressão no sistema de produção para fazer com que os produtos saiam. Isso causa prazos de entrega mais longos, que permitem o planejamento da produção para um fluxo mais uniforme e produção de custo mais baixo através de produção de lotes maiores. Os altos custos de *setup*, por exemplo, favorecem a produção de um número maior de unidades, uma vez que o *setup* foi feito.
- d. **Proporcionar uma garantia para a variação no tempo de entrega da matéria-prima.** Quando se pede material a um fornecedor, os atrasos podem ocorrer por várias razões: variação normal no tempo de envio, falta de material na fábrica do fornecedor, greve inesperada, pedido perdido ou envio de material incorreto ou defeituoso.
- e. **Aproveitar o tamanho do pedido econômico de compra.** Existem custos para fazer um pedido: mão-de-obra, telefones, selo, e outros. Assim, quanto maior for o pedido de compra, menos pedidos terão que ser abertos. Além

disso, os custos de envio favorecem os pedidos grandes, ou seja, quanto maior for o pedido, mais baixo será o custo por unidade.

Na administração do estoque é importante entender a diferença entre **demanda independente** e **demanda dependente**. Na demanda independente, as demandas pelos vários itens não são relacionados entre si. Por exemplo, uma estação de trabalho pode produzir muitas peças que não estão relacionadas, mas que satisfazem alguma necessidade externa da demanda. Na demanda dependente, a necessidade para qualquer item é o resultado direto da necessidade para outros itens, geralmente um item de nível mais alto do qual este faça parte.

2.3.Custos

Ao tomar quaisquer decisões que afetem o tamanho do estoque, os seguintes custos devem ser considerados.

- a. **Custo de manutenção.** Inclui os custos para as instalações de armazenagem, manuseio, seguro, furto, quebras, obsolescência, depreciação, impostos e o custo de oportunidade do capital. Obviamente os altos custos de manutenção tendem a favorecer os níveis baixos de estoque e o reabastecimento freqüente.
- b. **Custos de *setup* ou mudança de produção.** Fabricar cada produto diferente envolve a obtenção dos materiais necessários, organização dos *setups* específicos dos equipamentos, preenchimento dos formulários, tempo de carga apropriado e a retirada do estoque anterior.
- c. **Custos de pedido.** Se referem aos custos administrativos e de escritórios para preparar pedido de compra ou a ordem de produção. Incluem todos os detalhes, como a contagem dos itens o cálculo das quantidades dos pedidos.

- d. Custos de falta de estoque.** Quando se esgota o estoque de um item, o pedido desse item deve esperar até que o estoque seja reabastecido ou cancelado.

2.4.Sistemas de Estoque

Um sistema de estoque fornece a estrutura organizacional e as políticas operacionais para manter e controlar os produtos a serem estocados.

Os sistemas são divididos em dois grupos: o de período simples e o de períodos múltiplos. A classificação se baseia na decisão de ser apenas uma opção de compra em uma única vez, em que se faz a compra para cobrir um período fixo de tempo e o item não será pedido novamente, ou a decisão envolve um item, que será comprado periodicamente, em que o estoque deveria ser mantido para uso na demanda.

3. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO

3.1. Introdução

A avaliação e a gestão de risco são atividades diferentes porém intimamente relacionadas. Os aspectos fundamentais dessas atividades serão descritos a seguir.

Os conceitos envolvidos são baseados no material de Kumamoto (1996).

3.2. Definição

Risco é uma palavra com várias implicações. Alguns definem risco diferentemente de outros. Essa diferenciação causa sérias confusões no campo da avaliação e gestão de risco. Há dicionários que definem risco como uma chance de perda, nível de probabilidade de perda, quantidade de possível perda, e assim por diante. Definições como essas não são precisas o suficiente para avaliação e gestão de risco.

Astrônomos podem calcular movimentos futuros de planetas e dizer exatamente quando será o próximo eclipse solar. Assim como os meteorologistas, as pessoas podem apenas prever o futuro como uma considerável incerteza. Risco é o conceito atribuído a incerteza futura.

Uma previsão do tempo tal qual há 30% de chance de chover nos dá duas saídas: 30% de chuva, 70% de não chuva. O risco é definido como conjunto desses pares de probabilidades e saídas:

$$\{(30\%, \text{chuva}), (70\%, \text{não chuva})\}$$

Generalizando assume-se “n” potenciais saídas. Então risco é definido como o conjunto desses “n” pares.

$$\text{Risco} = \{(L1, O1), \dots, (Li, Oi), \dots, (Ln, On)\}$$

Onde O_i e L_i denotam a saída “i” e sua probabilidade, respectivamente. Jogando um dado temos,

$$\text{Risco} = \{(1/6, 1), (1/6, 2), \dots, (1/6, 6)\}$$

Perfil do risco. A distribuição do par probabilidade-saída é chamado de perfil do risco ou curva de risco.

Em alguns casos as saídas são mensuradas em uma escala contínua, ou as saídas são tantas que melhor serem contínuas do que discretas. Considere um problema de investimento onde cada saída é o retorno esperado (ganho ou perda) e cada probabilidade é a densidade de um retorno articulado. Os potenciais pares de probabilidades e saídas formam então um perfil contínuo.

Probabilidade objetiva versus subjetiva. Num perfil de risco perfeito cada probabilidade é expressa como uma probabilidade objetiva, porcentagem, ou densidade por ação ou por uma unidade de tempo, ou durante um certo intervalo de tempo. Frequências objetivas como duas ocorrências por ano e relações como uma ocorrência em um milhão também são probabilidades; se a frequência é suficientemente pequena, ela pode ser considerada uma probabilidade ou uma relação. Infelizmente a probabilidade não é sempre exata; probabilidade, porcentagem, frequência e relações são baseadas em avaliações subjetivas. Probabilidades verbais como raro, possível, plausível e freqüente também são usadas.

O perfil do risco (discreto ou contínuo) é frequentemente mostrado em termos da probabilidade cumulativa complementar. Por exemplo, a probabilidade de perder “x” ou mais em termos financeiros é expressa ao invés da densidade apenas de se perder “x”.

3.3. Incerteza

A incerteza de um elemento de risco é representada por suas saídas e suas futuras probabilidades. Pode-se enfatizar considerando casos sem incertezas.

Saída garantida. Não há risco se a saída futura é conhecida de maneira única ($n=1$) e portanto é garantido. O risco de chuva não existe se houver 100% de chuva amanhã, entretanto haveria outros riscos como inundações provocadas pela chuva. Formalmente qualquer risco existe se e somente se mais de uma saída ($n \geq 2$) está envolvida com probabilidades positivas durante um dado intervalo de tempo futuro. Nesse contexto, uma situação com duas saídas opostas com probabilidades iguais é de maior risco. Em um uso menos formal, entretanto uma situação é dada de maior risco quando níveis de saídas negativas ou suas probabilidades se tornam maiores; um caso extremo seria a ocorrência certa de uma saída negativa.

Uma probabilidade de 10^{-6} de um acidente fatal para uma população de 236 milhões implica em 236 mortes adicionais na média da expectativa de vida (um intervalo de 70 anos). As 236 mortes podem ser vistas como um risco aceitável em comparação as 2 milhões de mortes anuais ocorridas nessa população.

Risco=(10^{-6} , fatalidade) : aceitável

Por outro lado suponha as 236 mortes por câncer por todos os trabalhadores em uma fábrica sejam causadas por um agente químico totalmente confinado a fábrica. Esse número de mortes totalmente localizados na fábrica não é um risco no sentido usual. Embora a relação de fatalidades naquela população não seja alterada, 10^{-6} /tempo de uma vida, a população como um todo não está mais exposta a risco; a população deve ser considerada o grupo de trabalhadores da fábrica.

Risco=(1, fatalidade) : inaceitável

Ainda uma fonte de incerteza inerente ao risco está no anonimato das vítimas.

Se apenas uma pessoa é a potencial vítima a um risco, a esperança probabilística deve ser menor que uma unidade. Assumindo que uma pessoa que viva sozinha possua uma escada defeituosa em sua casa. Então apenas uma pessoa está exposta a possível ferimento causado pela escada. A população afetada por esse risco consiste apenas por um indivíduo. O nome do indivíduo é conhecido e se perde o anonimato. O ferimento ocorre com uma pequena probabilidade e o conceito de risco ainda vale.

Há também ausência de risco após um dado ponto no tempo quando uma saída é realizada. O risco para um único passageiro de um avião desaparece após o pouso ou o acidente, porém ele ou ela, se vivo, agora encontra outros riscos como acidentes automobilísticos. Há incerteza no risco existe no estágio de predição de anterior a sua realização.

Em suma, uma situação comum de risco implica em incerteza devido a várias saídas de probabilidades positivas, anonimato de vítimas e predição ante a realização.

3.4. Gestão e Avaliação do Risco

O principal propósito da avaliação de risco é a derivação dos perfis do risco dado por situação; o meteorologista performou uma avaliação de risco quando definiu o perfil de risco dado por:

{(30%, chuva) , (70%, não chuva)}

As curvas de densidade de probabilidade são produtos finais de uma metodologia chamada de avaliação de risco probabilística (PRA), que entre outras coisas enumera saídas e quantifica suas probabilidades.

Para uma planta nuclear, o PRA procede da seguinte maneira: numeração da sequência de eventos que podem produzir derretimento do núcleo; definição dos modos de falha, suas probabilidades levando em consideração o tempo.; identificação da quantidade da forma química da radioatividade liberada no invólucro for rompido; definição da dispersão da radioatividade na atmosfera; definição da efetividade da resposta de emergência envolvendo abrigo. Evacuação e tratamento médico; estimativa de efeitos de saúde na população exposta.

Gestão de risco. Gestão de risco propõe alternativas avalia o perfil de risco de cada alternativa, toma decisões de segurança, escolhe alternativa satisfatória para o controle de risco , exercita ações corretivas.

Avaliação versus gestão. Quando a gestão de risco é performada em relação a PRA, as duas atividades são chamadas de gestão e avaliação de risco probabilístico (PRAM).

A fase do PRA é mais científica; técnica, formal, quantitativa e objetiva do que a fase da gestão, que envolve julgamento de valores e por consequência é mais subjetiva, qualitativa, social e política. Idealmente a PRA é baseada em probabilidades objetivas como taxas de falhas em bulbos eletrônicos tiradas de dados estatísticos e teorias. Entretanto o PRA é frequentemente obrigado a usar probabilidades subjetivas baseadas na intuição, conhecimento e prévias informações.

Consideráveis esforços estão sendo para estabelecer uma metodologia PRAM científica e unificada onde a avaliação subjetiva, julgamento de valores, conhecimentos, são tratados com mais objetividade.

3.5. Controlabilidade do risco

Controlabilidade ativa versus passiva. Embora o meteorologista faça uma avaliação de risco, ele não pode alterar a probabilidade pois a chuva é um fenômeno natural incontrolável. Mesmo assim ele pode realizar uma gestão de risco juntamente com a avaliação de risco. Ele pode passivamente controlar ou suavizar o dano causado pela chuva sugerindo a população o uso de um guarda-chuva. A saída “chuva” pode ser suavizada para “chuva com guarda-chuva”. O PRA lida com riscos de atividades humanas e sistemas encontrados em engenharia, economia, medicina e assim por diante, onde as probabilidades de algumas saídas podem ser controladas por intervenção ativa, em adição a suavização passiva de outras saídas.

Controlabilidade ativa ou passiva de risco inerentemente indica que cada alternativa escolhida por um processo decisório durante a gestão de risco tem um específico perfil de risco. Uma decisão ou ação inicial é também uma alternativa. Em alguns casos apenas ela é disponível e não há espaço para escolha. Por exemplo, se um guarda-chuva não está disponível as pessoas sairão sem ele. Assim como passageiros num avião comercial voando a 33 mil pés tem a única alternativa de continuar o voo. Nesses casos os riscos são incontroláveis. Algumas alternativas não tem efeito no perfil de risco, enquanto outras trazem efeitos desejáveis. Algumas têm maior eficácia em relação aos custos que outra.

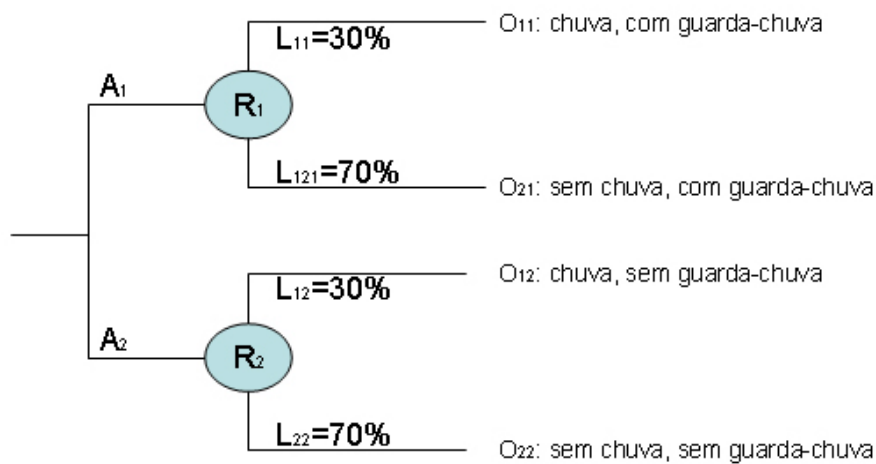


Fig 3.1 – Árvore para o problema da suavização dos danos causados pela chuva.

A figura anterior mostra uma simples árvore para o problema da suavização dos danos causados pela chuva. Há duas alternativas: 1) sair com um guarda-chuva (A1), e 2) sair sem guarda-chuva (A2). Quatro saídas são observadas:

- 1) O11=chuva, com guarda-chuva;
- 2) O21=sem chuva, com guarda-chuva;
- 3) O12=chuva, sem guarda-chuva;
- 4) O22=sem chuva, sem guarda-chuva.

Nesse simples exemplo o dano da chuva é suavizado pelo guarda-chuva, mesmo assim a probabilidade da ocorrência de chuva continua a mesma. Aparecem dois diferentes perfis de risco, dependendo da alternativa escolhida, onde R1 e R2 denotam riscos com e sem guarda-chuva, respectivamente.

$$R1=\{(30\%, O11) , (70\%, O21)\}$$

$$R2=\{(30\%, O12) , (70\%, O22)\}$$

Em geral a escolha de uma alternativa particular A_j indica um perfil de risco R_j onde a probabilidade L_{ij} , a saída A_{ij} , e o número total n_j de saídas variam de alternativa para alternativa:

$$R_j = \{(L_{ij}, O_{ij}) \mid i=1, \dots, n_j\}, \quad j=1, \dots, m$$

O índice j denota uma alternativa particular. Essa representação denotam explícita dependência do perfil de risco na alternativa.

Escolhas e alternativas existem em praticamente em todas as atividades: projeto de produtos, manufatura, testes, manutenção, gestão de pessoas, finanças, comércio, cuidados com a saúde, lazer e outros. No problema da chuva anterior apenas saídas podem ser modificadas. Em problemas de controle de risco para sistemas de engenharia, ambos probabilidades e saídas, podem ser modificados, por exemplo, melhorando projetos de plantas e procedimentos de manutenção.

Matriz de saídas. Um perfil de risco é alterado para um novo perfil quando uma diferente alternativa é escolhida. Para o problema da chuva as saídas são mostradas na tabela a seguir. A matriz mostrando a relação entre a alternativa de saída é chamada de matriz de saídas. A coluna intitulada “Utilidade” será descrita mais tarde.

Tabela 3.1 - Matriz de saídas para o problema das suavização dos danos da chuva

Alternativa	Prob.	Saída	Utilidade
A1: Com guarda-chuva	L11=30%	O11: Chuva, com guarda-chuva	U11=1
	L21=70%	O21: Sem chuva, com guarda-chuva	U21=0.5
A2: Sem guarda-chuva	L12=30%	O12: Chuva, sem guarda-chuva	U12=0
	L22=70%	O22: Sem chuva, sem guarda-chuva	U22=1

Admita que “ m ” alternativas são disponíveis. A escolha da alternativa A_j é nada mais que uma escolha da loteria R_j dentre as “ m ” loterias, o termo “loteria” sendo usado para indicar uma probabilidade geral de um grupo de saídas. Duas

loterias, R1 e R2 são disponíveis para o problema do exemplo, cada loteria tem uma particular saída estatística. Há uma intercorrespondência entre risco, perfil de risco, loteria e alternativa; esses termos podem ser usados intercambialmente.

Alternativas sem risco.Considerando uma situação com duas alternativas exclusivas A1 e A2 onde A1 tem uma chance de 50-50 perder \$1000 ou nada e A2 é uma perda certa de \$500.A alternativa A1 tem expectativa de perda de \$500. Em outras palavras apenas uma saída é possível ao se escolher a alternativa A2; essa é a alternativa sem risco, como um pagamento de seguro de acidente para compensar a perda de \$1000 que ocorre com probabilidade 0,5.

Geralmente a maioria das pessoas preferem uma certa perda de mesma magnitude;isto é eles comprariam seguro de \$500 para evitar a loteria R1. Essa atitude é chamada de Aversão ao Risco.

A alternativa sem risco é frequentemente usada como ponto de referência na avaliação de alternativas com risco. Em outras palavras a alternativa com risco é avaliada baseando-se em como as pessoas a trocam pela alternativa sem risco que tem um montante fixo de ganho ou perda, como seria fornecido por uma apólice de seguro.

4.MÉTODO

4.1.Introdução

O método de estudo de gestão estratégica de estoque baseada em risco é aplicado para linha de produção cuja manutenção é gerenciada pela reposição de peças em estoque.

Devem-se listar os componentes sobressalentes que já existem levantando dados como localização, níveis máximos e mínimos de estoque, lead time, valor total do estoque, período de requisição e quantidade consumida nesse período, e outras.

Tendo essas informações necessárias é possível realizar um processo de priorização que proporcione um maior ganho na relação entre o custo e o risco. Esses itens são chamados de itens críticos. Com isso os itens priorizados podem ser detalhados.

Um estudo de MTBF (*Mean Time Between Failures*) deve ser realizado para todos esses itens. O MTBF identifica o tempo médio entre falhas de cada peça, o que vai identificar o período médio de demanda por aquela peça que deve estar disponível em estoque.

Uma etapa de grande importância é a identificação do lead time das peças críticas que mostra o tempo necessário para o fornecimento da peça.

Com as informações recolhidas é possível dimensionar o estoque de sobressalentes.

A relação entre o custo e o benefício do estoque deve ser analisada para assim definirmos uma sistemática para a gestão do estoque.

4.2.Priorização

Do universo de peças de sobressalentes, que pode ser muito grande, apenas uma parte contem uma criticidade importante, portanto que deve ser objeto de estudo mais detalhado.

Para isso deve-se priorizar um conjunto de peças. O método de priorização é o chamado CBA (*Core Business Analysis*) que é baseado no Impacto Econômico Total (IET) dos itens de estoques a serem tratados. O nível de criticidade de cada item é quantificado pelo cálculo do IET.

O IET é uma combinação entre o valor total do estoque baseado na probabilidade da demanda de peças, ou seja, o custo; e o valor baseado na expectativa do custo financeiro da indisponibilidade, ou seja, o risco. Os itens que apresentarem os maiores valores de IET serão priorizados.

Para a determinação do IET as seguintes características são levantadas para cada item:

- Código de cadastro;
- Descrição;
- Identificação da aplicação do item;
- Preço Unitário (PU): preço de compra ou de reposição do item;
- Quantidade em estoque (QE) referente à política atual do nível de estoque;
- Valor total em estoque: $PU \times QE$;
- Demanda baseada no consumo dos últimos 5 anos;
- Prazo de Aprovisionamento (Lead Time) que é o prazo total para a reposição do item no estoque;
- Prazo de Aprovisionamento de Urgência;
- Valor agregado ao processo para os componentes ou equipamentos aos quais as peças (itens) são aplicadas.

Pode haver itens registrados no almoxarifado, mas que não possuem inventário correspondente. Esses itens são chamados de “descobertos”. Conseqüentemente esses itens possuem nível de estoque igual a zero, o que dificulta a identificação.

O diagrama a seguir facilita o entendimento do conceito de IET.

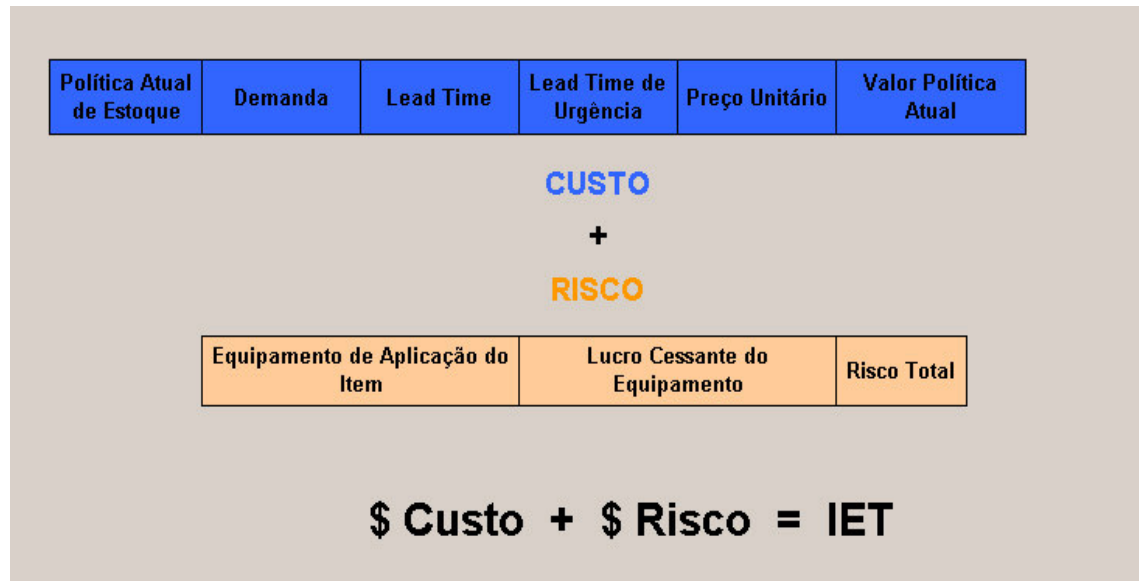


Fig 4.1 – IET

O Lucro cessante é a quantificação do valor perdido pela empresa diante de uma indisponibilidade do ativo em análise proporcional ao seu lucro (referente ao tempo de máquina parada).

Cada item possui um valor de IET correspondente. Com isso é possível analisar de maneira a escolher os prioritários e relevantes através de um gráfico de Pareto.

4.3.Simulação

Uma vez que os itens foram priorizados, deve-se recolher mais dados sobre cada um deles detalhadamente, tais como:

- Número de equipamentos que utilizam o item;
- Número de equipamentos que utilizam o item que efetivamente ficam em operação;
- Tempo de operação do equipamento que utiliza o item;
- Taxa de Atratividade (TMA) – Valor de atualização financeira utilizado pela planta;
- Valor gasto para manter o item em estoque (dado em porcentagem do valor do item);
- Impacto da Indisponibilidade da 1ª peça dado em R\$/h (quantifica o valor perdido se o item não estiver em estoque);
- Impacto da Indisponibilidade da 2ª peça dado em R\$/h (para o caso de necessidade de uma 2ª peça);
- Tempo necessário para a troca do item no equipamento (não conta o prazo de reposição no estoque);
- Probabilidade de recuperação do item;
- Tempo de recuperação do item que falhou.

Com todos os dados já recolhidos dos itens priorizados faz-se uma simulação para cada peça que otimiza o nível de estoque.

O simulador é um *software* que necessita dos dados acima e tem como resultado o custo total anual de cada item para diferentes níveis de estoque. O nível ótimo é aquele que representa menor custo total.

A seguir um gráfico do resultado de uma simulação definindo o nível ótimo de estoque de um item sobressalente.

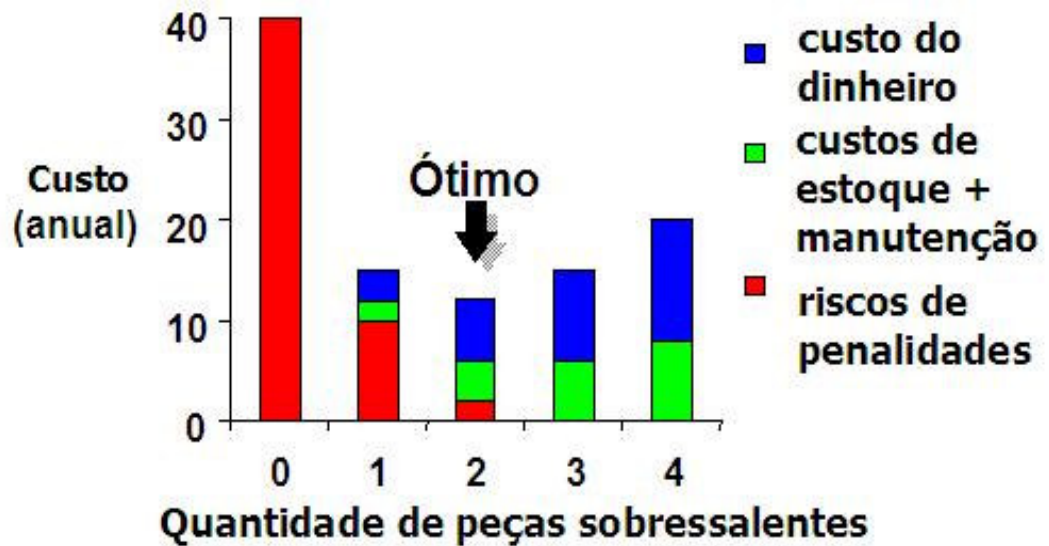


Fig 4.2 – Custos e Riscos

Do gráfico exemplo acima percebe-se que os níveis de risco diminuem com o aumento do nível de estoque o que é intuitivo. Também percebe-se o aumento dos custos com o aumento do nível de estoque que também é intuitivo. Daí vem que deve haver um nível de estoque que gera um total (custos e riscos) mínimo. No caso é o nível com 2 peças em estoque.

Deve-se ver que esse nível possui um certo risco, mesmo que pequeno em relação aos níveis menores de estoque. O nível 3 possui risco insignificante porém gera custos que ultrapassam os do nível 2. Analisando somente essa peça conclui-se que deve-se tomar um nível aceitável de risco para diminuir consideravelmente os custos.

O valor total para cada nível de estoque é chamado de Impacto Total. Portanto o nível ótimo é aquele que fornece menor impacto total. O impacto total é a

combinação dos custos da posse dos equipamentos e os riscos de sua ausência quando for solicitado. (probabilidade de demanda X conseqüências financeiras da indisponibilidade).

O *software* necessita de alguns dados para criar o cenário, os quais são:

Número de unidades instaladas. É o número total de unidades cuja confiabilidade contribui para a demanda de uma dada peça.

Número solicitado para operação normal. É o número total de unidades que devem estar operando para uma operação normal. O valor deve ser menor ou igual ao de unidades instaladas. A diferença entre os valores é chamada de nível de redundância (excesso).

Horas em operação por unidade em um ano. A média anual de horas em operação de cada unidade instalada. Para operação contínua deve-se inserir 8.760 horas.

Conseqüências da indisponibilidade. É a importância da peça sobressalente (*Spare*), expressa como o potencial impacto financeiro resultante de um sobressalente estar indisponível quando solicitado. Esse campo é categorizado em quatro códigos críticos representados por letras. Cada categoria possui valores pré-determinados para primeira e segunda falhas críticas.

Impacto da falha de um item requerido (*Downtime Risk*). É a penalidade financeira associada com a primeira falha que solicita um sobressalente que está indisponível. O valor é expresso como um custo por hora e é usualmente o valor de margem perdida pelo lucro.

Para a falha seguinte (*Downtime Risk*). Esse campo é a penalidade financeira associada com a segunda ou qualquer falha subsequente que solicite um sobressalente que está indisponível. O valor também é expresso como um custo por hora. Esse campo é apenas disponibilizado se “número solicitado para a operação normal” for maior que um. Geralmente esse custo será maior do que aquele associado com a primeira falha.

Unidades. As unidades em que são medidos os tempos de substituição normal, substituição urgente e recondicionamento. Podem ser horas, dias, semanas, meses ou anos.

Chance de recondicionamento de uma unidade com falha. A chance percentual de uma peça recondicionada por uma falha ser usada no futuro como um sobressalente.

Tempo para recondicionamento. É o tempo estimado para se recondicionar um item que sofreu falha.

Custo do dinheiro parado (*Money tied up*). É o custo de oportunidade associado com a posse de um sobressalente, representado como um percentual anual do seu preço de compra. Essa é uma perda de dinheiro que poderia ser usada em outros investimentos lucrativos. Há um aviso caso o valor seja maior que 20%.

Armazenamento e manutenção (*Storage & Maintenance*). É o custo total de armazenamento e manutenção de um sobressalente, representado como um percentual anual do seu preço de compra. Esse valor engloba os custos associados às inspeções e manutenção, gestão e administração das peças e armazenamento.

Nível mínimo aceitável de serviço (*Service Levels*). É o percentual de ocasiões que a demanda por um sobressalente é encontrada no estoque ao invés de resultar em falta de estoque.

Preço de compra (*Cost of Purchasing a new Spare*). É o custo relacionado a se comprar um sobressalente.

Tempo de vida. Esse campo é preenchido se o sobressalente tem vida finita, geralmente por uma das seguintes razões:

- O sobressalente pode ter uma vida útil;
- O sobressalente pode se tornar tecnologicamente obsoleto;
- O sobressalente pode ser requerido em operações que serão encerradas em um futuro estimado.

Política atual. É a quantidade de sobressalentes atual (antes da aplicação do método). Esse valor é usado para comparação.

Tempo de substituição (*Leadtime*). É o tempo padrão que se leva a reconhecer a necessidade de compra de um sobressalente até a entrega do fornecedor.

Tempo de substituição com urgência. É o mesmo que o anterior, porém há possivelmente maiores custos na compra.

Demanda por sobressalentes. É o valor esperado da demanda expresso como uma média em um ano típico.

A seguir encontra-se uma tela exemplo com os resultados de uma simulação. O gráfico exemplificado anteriormente é tirado da tabela no canto superior da tela, onde estão os dados detalhados inclusive disponibilidade (*availability*) e custos fixos (*Fixed Costs*) e o Impacto Total (*Total Cost*).

Analysis results

No. of Spares	Availability(%)	Service Levels	Fixed Costs	Downtime Risk	Money tied up	Storage & Maint.	Write-off costs	Total Cost	Comments
0	82.0	0.0	756	54235620	0	0	0	54236380	
1	98.1	82.0	756	5828794	1191	397	0	5831138	
2	99.9	98.1	756	425247	2717	905	0	429625	Current
3	100.0	99.9	756	23299	4242	1414	0	29711	
4	100.0	100.0	756	1021	5768	1922	0	9467	Optimum
5	100.0	100.0	756	37	7294	2431	0	10518	
6	100.0	100.0	756	1	8820	2940	0	12517	
7	100.0	100.0	756	0	10346	3448	0	14550	
8	100.0	100.0	756	0	11871	3957	0	16584	
9	100.0	100.0	756	0	13397	4465	0	18618	

Base data

	<u>Last amended (1/20/2006)</u>
Number of units in service	1
Number required for normal operation	1
Annual operating hours per operating unit	8760
Cost of purchasing a new spare	R\$12715
Cost of money tied up	12 % per year
Storage & maintenance costs (% of stock value)	4 % per year
Current spares holding policy	2
Criticality code for spare	X - Uncategorised
Cost of unavailability (1 unit failed)	R\$34439 per hour
Direct cost	R\$189 /occasion
Downtime duration	0 hours/ occasion
Leadtime for purchase of a new spare	20 days
Leadtime if downtime costs are being incurred	20 days
Percentage of failed units that can be refurbished	0 %
Leadtime for refurbishment of a spare	0 days
Annual demand rate for spares	4 per year

Fig 4.3 – Tela com resultados de simulação

O *software* possui uma ferramenta de sensibilidade. São possíveis as escolhas de $\pm 10\%$, $\pm 25\%$ e $\pm 50\%$. Isso significa que cada campo de entrada é variado individualmente, mantendo todos os outros iguais. O resultado é a variação do Impacto Total para cada campo de entrada submetido a variação escolhida e o nível ótimo de estoque com essa variação.

A seguir está uma tabela de como os resultados são mostrados, são apenas mostradas algumas entradas. No exemplo a opção é a de $\pm 10\%$.

Tabela 4.1 – Resultados da análise de sensibilidade

Descrição da Entrada	-10%	Qtidade Ótima	+10%	Qtidade Ótima
Preço de Compra	-9,22%	2	9,21%	2
Custo do dinheiro parado	-6,51%	2	6,51%	2
Armaz. e Manut.	-2,70%	2	2,70%	2
Demanda por sobressalentes	-1,71%	2	1,80%	2
Leadtime	-0,78%	2	0,78%	2

Para algumas peças do caso exemplo (será visto mais para frente) foi feito o teste de sensibilidade utilizando $\pm 10\%$. O item de maior sensibilidade é o valor de compra da peça em quase todos os casos. Os valores de Impacto Total giraram entre 8% e 13%. Outros dois itens podem ser destacados: Custo do dinheiro parado e Armazenamento e manutenção. Em alguns casos a sensibilidade do Impacto total chegou a 6% para alteração de $\pm 10\%$ para esses itens.

4.4. Análise

Após as simulações podem-se comparar os níveis de estoque antes e depois da definição dos níveis ótimos.

Vem do fato de que o nível ótimo de estoque totalizado para os itens em análise fornece uma menor exposição ao risco de lucro cessante, isso quer dizer que utilizando o nível indicado pelas simulações temos a melhor relação entre o risco e o custo possível.

Porém a simulação fornece os dados para diferentes níveis de estoque, o que possibilita uma análise item por item para que possamos alcançar níveis inferiores de imobilização de capital no estoque. Para diminuir a quantidade em estoque é óbvio que a exposição ao risco vai crescer. Conhecendo os níveis de risco pode-se reconsiderar essa exposição de maneira adequada para imobilizar menos capital.

5.CASO EXEMPLO

5.1.Aplicação

A aplicação do método se deu para os equipamentos da área de eletrólise onde é fabricado zinco. A empresa é de grande porte e tem grande atuação nos mercados nacionais e internacionais.

A área de eletrólise é dividida em salas. A sala objeto do estudo é onde ocorre o estripamento automático. Nela há 48 horas de depósito do zinco. A eletrólise ocorre em 2 filas com 40 células usando amperagem média de 185mil ampères. A produção média é de 352 toneladas por dia com rendimento de 93,14%.

A seguir maquete eletrônica da sala em estudo.



Fig5.1 – Maquete Eletrônica.

A seguir fotos da máquina de estripamento e calha de recepção do catôdo respectivamente, que são alguns dos muitos equipamentos presentes na sala.



Fig 5.2 – Máquina de Estripamento.



Fig 5.3 – Calha de recepção do catôdo.

Referente ao processo de eletrólise para a obtenção do zinco foi fornecida uma lista de 7902 componentes sobressalentes que continha níveis de estoque máximos e mínimos, consumo médio por ano, lead time, valor total do estoque, material, localização e outros.

Outra lista com 3485 componentes sobressalentes com informações principalmente em relação ao giro, ou seja, período de requisição e demanda através da quantidade consumida no período também foi fornecida; assim como uma lista com 2146 componentes sobressalentes de onde foram selecionadas as áreas mais críticas resultando em uma lista de 240 componentes.

O critério para estabelecer os 240 componentes mais críticos dos 2146 componentes pertencentes a sala e com as informações mais relevantes completas foi o de histórico de manutenção fornecido pelo departamento de engenharia de manutenção da produção.

Muitos componentes não tinham informações importantes os quais foram descartados assim como também foram selecionados apenas aqueles referentes a sala objeto do estudo. Isso fez com que a lista encurtasse dessa maneira. No ano de 2005 houve migração do sistema vigente para o sistema SAP que ocasionou perda de algumas informações nas listagens mencionadas.

A seguir segue tabela com os dados de algumas das 240 peças já com o cálculo do IET. A tabela se encontra em ordem decrescente de IET.

Tabela5.1 – Valores IET.

Código SAP	Descrição	Política atual de estoque	Demanda (qde/ano)	Lead Time (dia)	Preço unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Equipamento de Aplicação (Local)	Risco Total (R\$)	IET (R\$)
176505	TRILHO.GUIA.ACO INOX 316L.3340MM	2	4	20	12.715,09	25.430,18	Máquina de Estripamento	413.273,52	438.703,70
105668	ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR ROLOS MARCA REFERENCIADA SKF 23026 CC W33	2	3	10	635,36	1.270,72	Ponte Grua P/ Anodos e Catodo	413.273,52	414.544,24
134004	ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR ESFERAS MARCA REFERENCIADA SKF 1312 E PONTE GRUA P/CA ANODO SALA"D"ELETROLISE	2	5	10	166,29	332,58	Ponte de Anodo e Ponte de Catodo	413.273,52	413.606,10
103160	ANEL ELASTICO P/ EIXO DIN 471 16 X 1,00 MM	0,2	10	5	12,05	2,41	Máquina de Escovar	413.273,52	413.275,93
101011	ROLAMENTO RIGIDO ESFERAS MARCA REFERENCIADA SKF 6214 Z	0	4	10	0,09	0,00	Ponte de Anodo e Ponte de Catodo	413.273,52	413.273,52
195629	EIXO.CX RECEP CATODOS ENGESPEC	1	8	20	3.291,36	3.291,36	Máquina de Estripamento	275.515,68	278.807,04
121669	EIXO.DES 4960-06-01001	2	?	20	1.579,97	3.159,93	Máquina de Escovar	275.515,68	278.675,61
168582	SEDE PRIMAR.VECTOR/SEDEROTCARVAO238POL	2	3	20	928,99	1.857,98	Máquina de Escovar	275.515,68	277.373,66
149996	CORDA.DES DE103802-031 MEC179	2	6	20	878,15	1.756,29	Máquina de Escovar	275.515,68	277.271,97
141107	SELO MEC.VECTOR/CARVCERAMVITON316L134POL	1	6	20	1.431,57	1.431,57	Máquina de Escovar	275.515,68	276.947,25
134014	ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR ROLO MARCA REFERENCIADA SKF 22215 E PONTE GRUA DE CATODOS SALA"D" ELETROLISE	1	2	10	239,37	239,37	Ponte de Anodo e Ponte de Catodo	275.515,68	275.755,05
104639	ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR ROLOS MARCA REFERENCIADA SKF 22211 E	1	4	10	129,15	129,15	Ponte de Anodo e Ponte de Catodo	275.515,68	275.644,83
146296	CAIXA DE GAXETA CAMBERRA ITEM 184 8 X 10 X 13 P/ BOMBA CAMBERRA 3196 XLT MAT.A743 GR CF 3M	0	3	10	2.566,84	0,00	Máquina de Escovar	275.515,68	275.515,68
147849	CAIXA DE ROLAMENTO CAMBERRA ITEM 134 A 8 X 10 X 13 P/ BOMBA CAMBERRA 3196 XLT	0	3	10	563,19	0,00	Máquina de Escovar	275.515,68	275.515,68
168583	SEDE ESTAC.VECTOR/SEDEESTCERAMICA238POL	2	3	20	954,56	1.909,11	Máquina de Escovar	241.076,22	242.985,33
	DIS.ILUMINAC.TERMOMAGNETICO DIGITAL						Ponte de Anodo e Ponte de		

Com a tabela completa é possível criar um gráfico de Pareto com as 240 peças e seus respectivos valores de IET e determinar as peças mais críticas que serão simuladas.

O gráfico está a seguir.

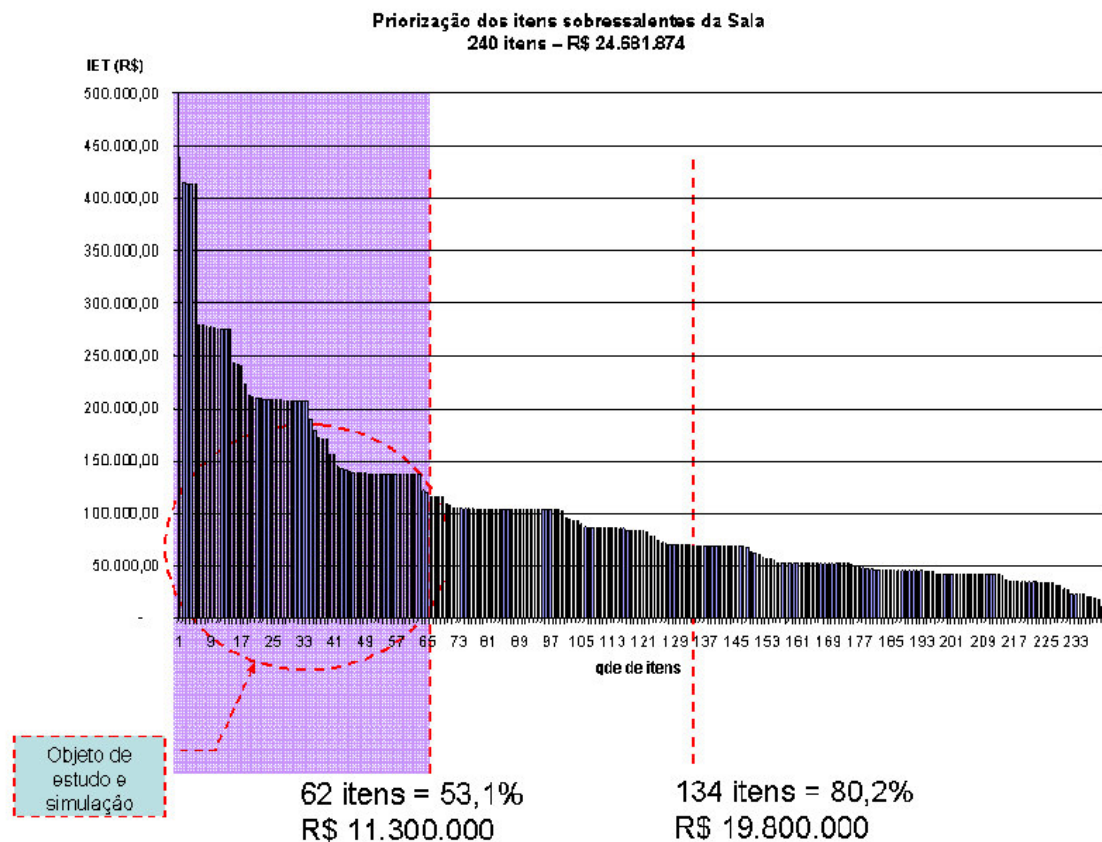


Fig5.4 – Priorização por Pareto.

A princípio foi determinado que os itens representantes de 80% do IET total seriam selecionados para serem simulados, porém devido ao grande número de itens apenas os 62 itens de maior criticidade foram escolhidos. Eles representam 53,1% do IET total, cerca de R\$11.300.000,00.

A próxima etapa é a definição do nível de estoque para cada um dos 62 itens escolhidos.

5.2.Simulações

Os itens foram caracterizados como “Slow Moving Spares” (SMS) ou “Fast Moving Spares” (FMS). Os itens SMS são aqueles que normalmente possuem uma rotatividade baixa e um valor muito elevado. Os itens FMS são aqueles de alta rotatividade e baixo valor em geral.

As simulações são realizadas através de softwares que implementam os métodos de auxílio à decisão de Gestão de Ativos. Tais ferramentas ajudam nas análises de avaliação e otimização da relação entre risco e custo dos ativos, visando melhorar suas performances técnicas e econômicas. O simulador é um conjunto de softwares de avaliação e otimização da relação entre os custos e os riscos.

Dois softwares foram utilizados:

- SPARES: definição de estoque de itens de reposição do tipo “Slow Moving Spares”, ou seja, itens de garantia ou estratégicos, que normalmente possuem uma rotatividade baixa e um valor muito elevado.
- STOCK: estratégias de compra de insumos e materiais, estoque mínimo e máximo, quantidades de reaprovisionamento, opções de aprovisionamento, especificações de estocagem. Complemento do SPARES, para os estoques de alta rotatividade (“Fast Moving Spares”).

Para cada peça selecionada para simulação é obtido um grupo de informações como foi visto no capítulo anterior. Para melhor entendimento a seguir é mostrada a saída para uma peça que mostra detalhes importantes.

Analysis results

No. of Spares	Availa-bility(%)	Service Levels	Fixed Costs	Downtime Risk	Money tied up	Storage & Maint.	Write-off costs	Total Cost	Comments
0	85.9	0.0	180	85181820	0	0	0	85182010	
1	98.9	85.9	180	6920938	93	31	0	6921242	
2	99.9	98.9	180	378991	204	68	0	379443	Current
3	100.0	99.9	180	15574	315	105	0	16174	
4	100.0	100.0	180	512	427	142	0	1261	
5	100.0	100.0	180	14	538	179	0	911	Optimum
6	100.0	100.0	180	0	649	216	0	1045	
7	100.0	100.0	180	0	761	253	0	1194	
8	100.0	100.0	180	0	872	290	0	1342	
9	100.0	100.0	180	0	983	327	0	1490	
10	100.0	100.0	180	0	1095	365	0	1640	

Base data

Number of units in service	1
Number required for normal operation	1
Annual operating hours per operating unit	8760
Cost of purchasing a new spare	R\$928
Cost of money tied up	12 % per year
Storage & maintenance costs (% of stock value)	4 % per year
Current spares holding policy	2
Criticality code for spare	X - Uncategorised
Cost of unavailability (1 unit failed)	R\$68878 per hour
Direct cost	R\$60 /occasion
Downtime duration	0 hours/ occasion
Leadtime for purchase of a new spare	20 days
Leadtime if downtime costs are being incurred	20 days
Percentage of failed units that can be refurbished	0 %
Leadtime for refurbishment of a spare	0 days
Annual demand rate for spares	3 per year

Last amended (1/21/2006)

Fig5.5 – Tela com Resultados da simulação para uma peça específica

O significado de cada informação contida na tela já foi especificado, assim pode-se analisar o conteúdo para o caso exemplo.

O custo de compra para a peça é de aproximadamente R\$900. Pode-se imaginar que é um valor baixo em relação aos valores de produção já mencionados, porém é preciso lembrar que a falta de um sobressalente “barato” pode causar grandes danos. Esse fato é de fácil percepção ao ver que o custo da não disponibilidade é de aproximadamente R\$70 mil por hora. Sabendo que o tempo que leva para adquirir uma peça nova é de 20 dias, é muito fácil perceber que o custo da indisponibilidade é extremamente alto.

Da tabela de valores para os diferentes níveis de estoque tem-se que o valor do Impacto Total para nível zero de estoque é de R\$85 milhões. É intuitivo que o valor para nível zero deve ser relativamente bem maior que os valores para níveis maiores que zero. Assim temos que o valor para nível um é de R\$7 milhões, menos de 10% do valor para nível zero.

O nível atual (política atual de estoque) para a peça em questão é de valor 2. Esse nível indica Impacto Total de R\$380 mil.

O nível ótimo para esse caso é o nível com 5 sobressalentes que indica um Impacto total pouco inferior a R\$1.000.

O software apenas mostra o Impacto para cada nível de estoque. O nível ótimo, que é aquele de menor Impacto Total, não é necessariamente a melhor opção. É preciso verificar as outras opções e seus Impactos para se tomar a decisão mais adequada para o plano estratégico de mercado adotado pela empresa.

O Impacto para nível 4 é de aproximadamente R\$1,2 mil. A diferença para o nível ótimo (nível 5) é bem pequena e oferece a economia de uma sobressalente a menos em estoque, ou seja, menor valor imobilizado. Essa análise deve ser estendida para todas as peças e para todos os níveis.

Tabela resumida com os resultados para os itens SMS que indica o nível de estoque ótimo a seguir.

Tabela 5.2 – SMS.

Item N°	Qde estoque	Valor unitário (R\$)	Valor Total do item em estudo (R\$)	Estoque Ótimo	Valor do Estoque Ótimo (R\$)
103160	0,2	12,05	2,41	6	72,30
104639	1	129,15	129,15	5	645,75
105668	2	635,36	1.270,72	4	2.541,44
116564	1	877,63	877,63	5	4.388,15
116565	1	1.071,69	1.071,69	5	5.367,95
121653	4	146,00	583,99	5	729,99
121669	2	1.579,97	3.159,93	5	7.899,83
127074	4	879,80	3.519,18	4	3.519,18
127351	2	27,92	55,84	5	139,60
128651	1	666,53	666,53	4	2.666,12
134004	2	166,29	332,58	5	831,45
134014	1	239,37	239,37	4	957,48
135719	4	1.193,86	4.775,44	6	7.163,16
136112	6	169,83	1.018,99	5	849,16
139636	4	97,87	391,48	6	587,22
141107	1	1.431,67	1.431,67	6	8.589,42
144490	0	273,83	-	4	1.095,32
146296	0	2.566,84	-	4	10.267,36
147845	0	9.889,38	-	4	39.557,52
147849	0	563,19	-	4	2.252,76
148104	2	1.448,07	2.896,13	5	7.240,33
149996	2	878,15	1.756,29	6	5.268,87
151212	1	633,67	633,67	3	1.901,01
151244	1	1.492,88	1.492,88	3	4.478,64
155080	1	148,30	148,30	5	741,50
156184	1	163,06	163,06	4	652,24
157418	2	2.980,08	5.960,15	7	20.860,53
158016	2	562,15	1.124,30	4	2.248,60
162587	2	730,24	1.460,48	5	3.651,20
162602	2	730,24	1.460,48	5	3.651,20
164242	2	2.988,46	5.976,92	4	11.953,84
165474	1	5.996,47	5.996,47	3	17.989,41
165700	2	2.353,54	4.707,08	4	9.414,16
165703	0	1.712,69	-	4	6.850,76
168582	2	928,99	1.857,98	5	4.644,95
168583	2	954,56	1.909,11	5	4.772,78
170334	0	2.256,47	-	7	15.795,29
173810	1	12.730,86	12.730,86	3	38.192,58
174414	4	807,04	3.228,14	4	3.228,14
174416	6	838,97	5.033,81	4	3.355,87
176505	2	12.715,09	25.430,18	4	50.860,36
177236	1	30.331,21	30.331,21	3	90.993,63
177795	6	228,63	1.371,78	8	1.829,04
195629	1	3.291,36	3.291,36	4	13.165,44
200810	0	1.879,58	-	7	13.157,06
82			138.487,04	212	437.008,57
			valor imobilizado sem otimização		valor imobilizado com otimização (máxima)
RISCO			570.334.517		4.971

É fácil perceber que os níveis atuais de estoque estão subdimensionados em quase todos os casos.

Como foi dito, é preciso uma análise mais profunda já que podemos imobilizar menos capital se aceitarmos um nível de risco um pouco maior que o ótimo. Para isso foi criada uma tabela que indica item a item acrescido (ou decrescido) os níveis de risco.

Tabela 5.3 – Níveis de riscos em valor absoluto.

Cod SAP	alteração de estoque		Valor do Risco Atual	Valor do Risco +1	Valor do Risco +2	Valor do Risco +3	Valor do Risco +4	Valor do Risco +5	Valor do Risco +6	Valor do Risco +7
Item N°	Dif.	Valor Unitário	CURRENT	1	2	3	4	5	6	7
103160	+ 5	12,05	4.939.292	226.326	8.636	1.131	927	926		
104639	+ 4	129,15	3.248.008	118.893	3.547	391	341			
105668	+ 2	635,36	51.897	1.625	687					
116564	+ 4	877,63	11.657.790	850.836	47.079	2.663	836			
116565	+ 4	1.071,59	5.829.047	425.671	23.896	1.787	975			
121653	+ 1	146,00	405	179						
121669	+ 3	1.579,97	851.184	47.539	3.236	1.520				
127074	=	879,80	945							
127351	+ 3	27,92	118.803	3.441	267	201				
128651	+ 3	666,53	3.248.025	118.996	3.737	664				
134004	+ 3	166,29	225.916	8.250	768	588				
134014	+ 3	239,37	857.674	15.855	446	272				
135719	+ 2	1.193,86	14.781	1.831	1.296					
136112	- 1	169,83	202	176						
139636	+ 2	97,87	2.280	327	271					
141107	+ 5	1.431,57	23.581.860	2.573.976	212.394	15.101	2.190	1.692		
144490	+ 4	273,83	28.446.800	1.473.610	51.224	1.469	210			
146296	+ 4	2.566,84	45.825.850	1.877.942	52.396	2.433	1.805			
147845	+ 3	9.889,38	31.344.070	859.118	18.845	4.980				
147849	+ 4	563,19	45.825.850	1.877.648	51.782	1.498	549			
148104	+ 3	1.448,07	425.759	24.043	1.995	1.243				
149996	+ 4	878,15	2.573.829	212.158	14.775	1.777	1.191			
151212	+ 2	633,67	343.188	6.550	472					
151244	+ 2	1.492,88	429.100	8.411	925					
155080	+ 4	148,30	3.247.861	118.749	3.407	253	205			
156184	+ 3	163,06	857.560	15.730	308	122				
157418	+ 5	2.980,08	4.794.968	656.681	73.660	8.898	3.331	3.331		
158016	+ 2	562,15	26.160	1.062	633					
162587	+ 3	730,24	379.339	16.039	1.095	713				
162602	+ 3	730,24	850.883	47.102	2.663	811				
164242	+ 2	2.988,46	119.563	4.676	1.975					
165474	+ 2	5.996,47	344.152	8.371	3.152					
165700	+ 2	2.353,54	119.505	4.517	1.715					
165703	+ 4	1.712,69	21.295.110	1.730.682	95.517	4.939	1.447			
168582	+ 3	928,99	379.443	16.174	1.261	911				
168583	+ 3	954,56	379.430	16.165	1.256	910				
170334	+ 7	2.256,47	213.583.100	53.343.040	9.588.937	1.311.771	145.136	15.019	3.292	2.698
173810	+ 2	12.730,86	216.357	7.936	6.111					
174414	=	807,04	752							
174416	- 2	838,97	969	835	772					
176505	+ 2	12.715,09	429.625	29.711	9.467					
177236	+ 2	30.331,21	2.775.165	165.685	27.598					
177795	+ 2	228,63	3.850	860	645					
195629	+ 3	3.291,36	3.896.470	229.880	13.169	4.337				
200810	+ 7	1.879,58	106.791.700	26.671.720	4.794.792	656.329	73.132	8.193	2.451	2.273
			570.334.517	93.819.016	15.126.806	2.027.712	232.275	29.161	5.743	4.971
			CURRENT	1	2	3	4	5	6	7
				84%	97%	100%	100%	100%	100%	100%

Tendo em vista os níveis de risco é possível criar uma tabela com a redução do risco em função da movimentação do estoque assim como foi feito anteriormente.

Tabela 5.4 – Níveis de riscos em valor relativo.

Cod SAP	alteração de estoque		Ode Otimizada	REDUÇÃO DO RISCO EM FUNÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DO ESTOQUE						
Item Nº	Dif.	Valor Unitário		0->1	1->2	2->3	3->4	4->5	5->6	6->7
103160	+ 5	12,05	1	95,4%	99,83%	99,98%	99,98%	99,98%	100,00%	
104639	+ 4	129,15	1	96,3%	99,89%	99,99%	99,99%	100,00%		
105668	+ 2	635,36	1	96,9%	98,68%	100,00%				
116564	+ 4	877,63	1	92,7%	99,60%	99,98%	99,99%	100,00%		
116565	+ 4	1.071,59	1	92,7%	99,59%	99,97%	99,98%	100,00%		
121653	+ 1	146,00	2	55,8%	100,00%					
121669	+ 3	1.579,97	1	94,4%	99,62%	99,82%	100,00%			
127074	=	879,80	-	100,0%						
127351	+ 3	27,92	1	97,1%	99,78%	99,83%	100,00%			
128651	+ 3	666,53	1	96,3%	99,88%	99,98%	100,00%			
134004	+ 3	166,29	1	96,3%	99,66%	99,74%	100,00%			
134014	+ 3	239,37	1	98,2%	99,95%	99,97%	100,00%			
135719	+ 2	1.193,86	2	87,6%	91,23%	100,00%				
136112	- 1	169,83	-1	12,9%	100,00%					
139636	+ 2	97,87	2	85,7%	88,11%	100,00%	100,00%			
141107	+ 5	1.431,57	1	89,1%	99,10%	99,94%	99,99%	99,99%	100,00%	
144490	+ 4	273,83	1	94,8%	99,82%	99,99%	100,00%			
146296	+ 4	2.566,84	1	95,9%	99,89%	99,99%	100,00%			
147845	+ 3	9.889,38	1	97,3%	99,94%	99,98%	100,00%			
147849	+ 4	563,19	1	95,9%	99,89%	100,00%				
148104	+ 3	1.448,07	1	94,4%	99,53%	99,71%	100,00%			
149996	+ 4	878,15	1	91,8%	99,43%	99,93%	99,95%	100,00%		
151212	+ 2	633,67	1	98,1%	99,86%	100,00%	100,00%			
151244	+ 2	1.492,88	1	98,0%	99,78%	100,00%				
155080	+ 4	148,30	1	96,3%	99,90%	99,99%	99,99%	100,00%		
156184	+ 3	163,06	1	98,2%	99,96%	99,99%	100,00%			
157418	+ 5	2.980,08	1	86,3%	98,46%	99,81%	99,93%	99,93%	100,00%	
158016	+ 2	562,15	1	95,9%	97,58%	100,00%				
162587	+ 3	730,24	1	95,8%	99,71%	99,81%	100,00%			
162602	+ 3	730,24	1	94,5%	99,69%	99,90%	100,00%			
164242	+ 2	2.988,46	1	96,1%	98,35%	100,00%				
165474	+ 2	5.996,47	1	97,6%	99,08%	100,00%				
165700	+ 2	2.353,54	1	96,2%	98,56%	100,00%				
165703	+ 4	1.712,69	1	91,9%	99,55%	99,98%	99,99%	100,00%		
168582	+ 3	928,99	1	95,7%	99,67%	99,76%	100,00%			
168583	+ 3	954,56	1	95,7%	99,67%	99,76%	100,00%			
170334	+ 7	2.256,47	1	75,0%	95,51%	99,39%	99,93%	99,99%	100,00%	
173810	+ 2	12.730,86	1	96,3%	97,18%	100,00%				
174414	=	807,04	-	100,0%	100,00%					
174416	- 2	838,97	-3	13,8%	20,33%	100,00%				
176505	+ 2	12.715,09	1	93,1%	97,80%	100,00%				
177236	+ 2	30.331,21	1	94,0%	99,01%	100,00%				
177795	+ 2	228,63	3	77,7%	83,25%	100,00%				
195629	+ 3	3.291,36	1	94,1%	99,66%	99,89%	100,00%			
200810	+ 7	1.879,58	1	75,0%	95,51%	99,39%	99,93%	99,99%	100,00%	

A análise indica que na quase totalidade dos casos é possível diminuir o risco em mais de 90% aumentando o estoque em apenas uma unidade sendo que o estoque ótimo é indicado com aumento de 4 ou até 7 unidades. Se essa estratégia for adotada o volume de capital imobilizado pode ser bastante reduzido.

No caso exemplo o estoque é acrescido de 78,6% contra 215,6% para se atingir o nível ótimo tomando o conjunto de todas as peças SMS. Para isso o risco é reduzido em 95,7%, o que é totalmente aceitável.

Assim segue tabela com as quantidades recomendadas. Repare que muitas indicações não são para o nível ótimo.

Tabela 5.5 – Níveis recomendados de estoque.

Item N°	Qde estoque	Valor unitário (R\$)	Valor Total do item em estudo (R\$)	OTIMIZAÇÃO	Valor OTIMIZADO (R\$)
103160	0,2	12,05	2,41	1,2	14,46
104639	1	129,15	129,15	2	258,30
105668	2	635,36	1.270,72	3	1.906,08
116564	1	877,63	877,63	2	1.755,26
116565	1	1.071,59	1.071,59	2	2.143,18
121653	4	146,00	583,99	6	875,99
121669	2	1.579,97	3.159,93	3	4.739,90
127074	4	879,80	3.519,18	4	3.519,18
127351	2	27,92	55,84	3	83,76
128651	1	666,53	666,53	2	1.333,06
134004	2	166,29	332,58	3	498,87
134014	1	239,37	239,37	2	478,74
135719	4	1.193,86	4.775,44	6	7.163,16
136112	6	169,83	1.018,99	5	849,16
139636	4	97,87	391,48	6	587,22
141107	1	1.431,57	1.431,57	2	2.863,14
144490	0	273,83	-	1	273,83
146296	0	2.566,84	-	1	2.566,84
147845	0	9.889,38	-	1	9.889,38
147849	0	563,19	-	1	563,19
148104	2	1.448,07	2.896,13	3	4.344,20
149996	2	878,15	1.756,29	3	2.634,44
151212	1	633,67	633,67	2	1.267,34
151244	1	1.492,88	1.492,88	2	2.985,76
155080	1	148,30	148,30	2	296,60
156184	1	163,06	163,06	2	326,12
157418	2	2.960,08	5.960,15	3	8.940,23
158016	2	562,15	1.124,30	3	1.686,45
162587	2	730,24	1.460,48	3	2.190,72
162602	2	730,24	1.460,48	3	2.190,72
164242	2	2.988,46	5.976,92	3	8.965,38
165474	1	5.996,47	5.996,47	2	11.992,94
165700	2	2.353,54	4.707,08	3	7.060,62
165703	0	1.712,69	-	1	1.712,69
168582	2	928,99	1.857,98	3	2.786,97
168583	2	954,56	1.909,11	3	2.863,67
170334	0	2.256,47	-	1	2.256,47
173810	1	12.730,86	12.730,86	2	25.461,72
174414	4	807,04	3.228,14	4	3.228,14
174416	6	838,97	5.033,81	3	2.516,91
176505	2	12.715,09	25.430,18	3	38.145,27
177236	1	30.331,21	30.331,21	2	60.662,42
177795	6	228,63	1.371,78	9	2.057,67
195629	1	3.291,36	3.291,36	2	6.582,72
200810	0	1.879,58	-	1	1.879,58
82			138.487,04	124	247.398,41
			valor imobilizado sem otimização		Valor OTIMIZADO (R\$)
RISCO			570.334.517		24.618.969

Comparando os valores da quantidade em estoque atual com a quantidade otimizada de cada peça é fácil perceber que a diferença é menor que a proposta pela simulação.

Para as peças FMS segue a saída para uma peça.

		Total Impact (kE per item)						
		Re-order level						
Re-order quantity		1	2	3	4	5	6	7
	1	8430	7010	5540	4110	3070	2350	1770
	2	4950	2600	878	118	34	.19	.19
	3	3690	1680	536	84.2	5.67	.18	.19
	4	3070	1520	575	67.8	.18	.18	.19
	5	2260	1000	317	50.8	3.56	.18	.19
	6	1880	853	280	22.6	.18	.18	.19
	7	1610	723	226	36.9	2.72	.18	.19

		Direct cost (kE per item)							Average stock (Units)							
		Re-order level							Re-order level							
Re-order quantity		1	2	3	4	5	6	7	Re-order quantity	1	2	3	4	5	6	7
1	.18	.18	.18	.19	.19	.19	.19	.19	1	.25	.6	1.09	1.71	2.43	3.22	4.05
2	.18	.18	.18	.18	.18	.19	.19	.19	2	.99	1.81	2.72	3.72	4.72	5.72	6.71
3	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.19	3	1.45	2.32	3.28	4.26	5.26	6.26	7.26
4	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.19	4	1.88	2.78	3.74	4.76	5.76	6.76	7.76
5	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.19	5	2.38	3.3	4.27	5.27	6.27	7.27	8.27
6	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.19	6	2.84	3.78	4.75	5.78	6.74	7.74	8.78
7	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.18	.19	7	3.35	4.29	5.27	6.27	7.27	8.27	9.26

		Service levels (%)							Annual turnover							
		Re-order level							Re-order level							
Re-order quantity		1	2	3	4	5	6	7	Re-order quantity	1	2	3	4	5	6	7
1	15.7	29.9	44.6	58.9	69.3	76.5	82.3		1	119	50.2	27.8	17.7	12.4	9.38	7.44
2	50.5	74	91.2	98.8	99.7	100	100		2	30.4	16.7	11.1	8.1	6.39	5.27	4.5
3	63.1	83.2	94.6	99.2	100	100	100		3	20.9	13	9.21	7.07	5.73	4.82	4.16
4	69.3	84.8	94.3	99.3	100	100	100		4	16	10.8	8.07	6.33	5.24	4.46	3.89
5	77.4	90	96.8	99.5	100	100	100		5	12.7	9.14	7.06	5.73	4.81	4.15	3.65
6	81.2	91.5	97.2	99.8	100	100	100		6	10.6	7.98	6.35	5.21	4.47	3.9	3.43
7	83.9	92.8	97.8	99.6	100	100	100		7	9	7.03	5.72	4.81	4.15	3.65	3.26

Fig5.6 – Tela com Resultados da simulação para uma peça específica

Para as peças SMS são simuladas duas variáveis: Nível para reposição (Re-order level) e Quantidade para reposição (Re-order quantity). A tabela superior indica o Impacto Total (Total Impact) em milhares de Euros. Logo abaixo está a tabela de custos diretos (Direct Cost) e a tabela com o estoque médio (Average Stock). Mais abaixo está a tabela de níveis de serviço (Service Levels) e a tabela com a quantidade anual que o estoque é trocado (Annual turnover).

O menor valor de Impacto Total é o de 0.18, ou seja, 180 Euros. Mas como pode-se ver esse valor é encontrado em 7 combinações entre nível e quantidade para reposição. Essas combinações estão em negrito em todas as tabelas.

O estoque médio menor dentre as 7 opções é a de 5,76 peças dada pela combinação entre quantidade igual a 4 e nível igual a 5. Porém dentre as opções a menor quantidade anual que o estoque é trocado é 3,9 dada pela combinação entre quantidade igual a 6 e nível igual a 6.

Mais uma vez é preciso entender a estratégia e necessidades da empresa para decidir a melhor opção.

Tabela com os resultados para os itens FMS que indica o nível de estoque ótimo a seguir.

Tabela 5.6 – FMS.

item	Código SAP	Descrição	Estoque Físico (qde)	Sem Otimização		Com Otimização		
				Ponto de Reposição (qde)	Estoque Máximo (qde)	Ponto de Reposição (qde)	Estoque Máximo (qde)	estoque médio
141	109088	ROLAMENTO RIGIDO ESFERAS MARCA REFERENCIADA SKF W 6004 2RS1 MAQ ESCOVAR SALA "D"ELETROLISE	4	2	4	8	14	10,8
235	168278	SELO MEC.VECTOR/CARVCERAM/ITON316 L238POL	0	3	6	4	8	4,4
243	121394	BICO.DES DE103 MAN031 MEC039	0	9	12	14	22	12,7
16	178134	ANEL ACO INOX RIBERMAN RB-314144 C/FIO ONDULADO EM NYLON 0,20MM C/GRANALHA 3/4"	36	12	50	5	7	4,7
13	169091	SENSOR PROX INDUST.RETANG.PEPPERL088759	20	15	40	16	22	13,7
110	133391	ROLAMENTO ACO INOX RIGIDO ESFERAS MARCA REFERENCIADA SKF W 6208 2RS1 MAQ ESCOVAR SALA "D"ELETROLISE	1	2	4	4	7	5,4
180	100947	ROLAMENTO RIGIDO ESFERAS MARCA REFERENCIADA SKF 6202-2Z	24	2	4	13	21	13,6
28	163449	ROLAMENTO ESPECIAL C/PLACA DE MONTAGEM 4056/A TREVOTEK	4	9	16	6	10	6,2
40	163895	POLIA SINCROINIZADA 7" C/INCERTO BUCHA AI 316L NYLON RIBERMAN RB 172CH35 NYLON	6	3	4	3	5	3,8
51	163873	TRILHO.POLIAMID. SIST ELEV PLAC.30MM 4 ROLDANAS ACO INOX - 2 TRILHOS DE 1,5M	1	2	3	3	5	3,7
78	195507	POLIA ACIONAMENTO ACO INOX 316L P/CORREIA TIPO HTD 22-8M-50	4	2	4	5	8	5,8
244	193791	MANCAL DESLIZANTE ENGESPEC ACO	0	10	10	3	5	3,8
32	146685	CORREIA SINCROZINADORA 8 M 50 COMPRIMENTO 1600 MM DENTADA COM 200 DENTES	23	17	24	9	16	11,5
171	149992	PARAFUSO.DES DE 103 MAN 031 MEC 061	2	2	4	14	22	12,7
237	126724	PARAFUSO.DES DE 103MAN031 MEC 020	0	2	4	9	30	17
53	149647	MANCAL THK HSR 30	3	14	20	5	8	5,6
98	122745	HASTE P/ CILINDRO PNEUMATICO ANTE GIRO ACO INOX 316L DES CMM DE-103MAN-031-MEC-023	5	6	8	6	17	11,2

Os valores da tabela vêm diretamente da simulação considerando o impacto econômico, giro anual, volume de compras por lote.

São informados os níveis de estoque máximos, assim como os pontos de reposição e o nível médio. Eles são comparados com os níveis que existiam antes do estudo.

Para as peças de FMS também é identificado que o estoque está subdimensionado na maioria dos casos.

5.3.Conclusão

As simulações evidenciaram que é necessário um acréscimo de peças em 53 dos 62 itens estudados.

Veja as tabelas e o gráfico a seguir.

FAST	17 itens
Estoque médio	
Acresce	12
Mantém	0
Reduz	5

SLOW	46 itens
Estoque	
Acresce	41
Mantém	2
Reduz	2

Balanco Final	
Acresce	53
Mantém	2
Reduz	7
Total de itens	
	62

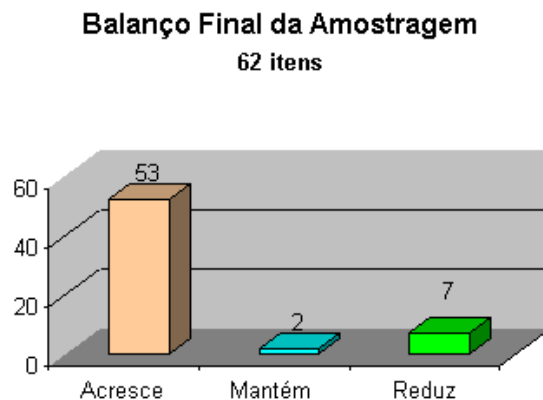


Fig 5.7 – Balanços finais.

Tabela 5.7 – Valores finais (arredondados e modificados para preservar o sigilo da empresa).

<i>Valores em R\$</i>			
<i>45 itens de Slow</i>			
	atual	recomendado	Relação Custo/ Risco Ótimo
Valor de Estoque	140,000	250,000	440,000
Risco	570,000,000	25,000,000	5,000
Estoque		80%	215%
Risco		-95%	-100%
<i>17 itens de Fast</i>			
	atual	recomendado	
Valor de Estoque	70,000	100,000	
Risco	90,000,000	20,000	
Estoque		37%	
Risco		-100%	
<i>Totalização</i>			
	atual	recomendado	
Valor de Estoque	210,000	350,000	
Risco	660,000,000	25,020,000	
Estoque		64%	
Risco		-96%	

A análise indica um extraordinário benefício permitindo reduzir o risco com pequenas variações de estoque.

A partir das listagens iniciais e sucessivas triagem sob os critérios metodológicos aplicados neste trabalho (Priorização, CBA, Simulação, Avaliação risco/custo, Recomendação) obteve-se a otimização proposta para este trabalho.

A planta atualmente possui alto nível de risco que pode ser drasticamente reduzido imobilizando uma quantidade pequena de capital em relação ao nível ótimo.

Dessa maneira a metodologia pode ser aplicada a outras salas e áreas da produção do zinco gerando ganhos ainda maiores.

6.CONCLUSÕES

O trabalho realizado se mostrou eficiente e eficaz para uma definição estratégica de gestão de estoque baseada em risco. As metodologias e critérios utilizados foram de fácil compreensão e aplicação. Os resultados são formatados para análise visando vários objetivos como a diminuição do capital imobilizado usado no exemplo.

Dessa maneira o estudo pode fornecer ganhos consideráveis com simples políticas de manutenção da produção. O foco se deu no tempo de máquina parada que foi reduzido de maneira a gerar ganhos que a equipe de manutenção não esperava atingir de maneira tão simples.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg *Administração da Produção e Operações* 8a ed. Thomson, 1.999

CHASE, Richard; JACOBS, F. R.; AQUILANO, Nicholas *Administração da Produção Para a Vantagem Competitiva*, 10a ed., Bookman.

KUMAMOTO,Hiromitsu; HENLEY, Ernest *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, 2nd edition. New York, 1996

DAVIS, Mark *Fundamentos da Administração da Produção*, 3a ed. Bookman. Porto Alegre, 2001

TAKAHASHI, Yoshikazu, *Manutenção Produtiva Total*, IMAM, 1993