

MAYANE TIEMI ABE

**IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE REPOSIÇÃO PERIÓDICA PARA UMA EMPRESA
IMPORTADORA DE ARTIGOS DE ILUMINAÇÃO**

São Paulo
2013

MAYANE TIEMI ABE

**IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE REPOSIÇÃO PERIÓDICA PARA UMA EMPRESA
IMPORTADORA DE ARTIGOS DE ILUMINAÇÃO**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheira de Produção

São Paulo
2013

MAYANE TIEMI ABE

**IMPLANTAÇÃO DE MODELOS DE REPOSIÇÃO PERIÓDICA PARA UMA EMPRESA
IMPORTADORA DE ARTIGOS DE ILUMINAÇÃO**

Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do diploma de
Engenheira de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de
Mesquita

São Paulo
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Abe, Mayane Tiemi

Implantação de modelos de reposição periódica para uma empresa importadora de artigos de iluminação / M.T. Abe. -- São Paulo, 2013.

119 p.

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

1.Controle de estoques 2.Importação 3.Simulação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

À minha família e amigos que me apoiaram
nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao professor Marco Aurélio de Mesquita por toda a paciência, disponibilidade e dedicação. Suas orientações foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Um agradecimento especial aos colaboradores da empresa em estudo por todo o apoio e por confiarem no meu comprometimento para realizar este trabalho.

Aos meus colegas politécnicos pelo companheirismo essencial para minha formação na Escola e na vida: Carla, Felipe, Renan, Guilherme, Ivan, Pedro, André, Bruno e Lucas.

À minha família, por todo o suporte e por possibilitarem oportunidades incríveis ao longo da minha vida.

Ao moço que me conquistou, Maurício, por ser simplesmente a alegria dos meus dias.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar modelos de reposição de estoques para decidir quando e quanto repor de cada SKU (*Stock Keeping Unit*). A empresa do estudo é uma importadora e revendedora de produtos de LED aberta em 2009, com histórico de 87 SKUs, possuindo um único galpão de estocagem na região Sul do Brasil. A empresa opera com cinco fornecedores diferentes da China e pretende utilizar apenas o modal marítimo de *lead time* de transporte de 40 dias e deixar o modal aéreo de *lead time* de 10 dias para demandas inesperadas. Um único funcionário é responsável pelas compras e o fato do custo de uma ordem de compra ser muito elevado para uma empresa importadora inviabiliza modelos contínuos, de modo que só serão avaliados os modelos periódicos em que as datas de compra ficam pré-definidas.

Para atingir seu objetivo, o trabalho inicia com uma revisão bibliográfica sobre controle de estoques, em seguida é realizada uma análise preliminar da demanda, que revela que muitos SKUs apresentam forte tendência e ciclo de vida curto. Alguns itens, com séries históricas muito curtas, foram descartados do estudo. Para os demais, foi estabelecido um modelo de reposição do máximo. Para alguns itens, com maior histórico, ainda se testou um modelo baseado em previsão a fim de verificar a possibilidade de melhoria dos resultados. O modelo de reposição do máximo pressupõe demanda estacionária, mas como foi identificado que a demanda não é estável para muitos SKUs, desenvolveu-se uma simulação para avaliar a robustez do modelo, obtendo a diretriz de rever os parâmetros do modelo com mais frequência e usar séries históricas curtas para obter melhores níveis de serviço. Em relação aos modelos de previsão, foram avaliados apenas os métodos de previsão que consideram base e tendência, a sazonalidade não pôde ser investigada dada a deficiência de dados. Os resultados encontrados mostram que os modelos reativos e baseados em previsão são aproximadamente coincidentes. A recomendação dada é a de que à medida que alguns itens forem se firmando no mercado, os modelos baseados em previsão podem tornar-se mais assertivos, o que justifica confrontar os modelos periodicamente e adotar aquele de melhor resultado.

Palavras-chave: Controle de Estoque. Previsão de Demanda. Importação. Simulação.

ABSTRACT

This work aims to evaluate inventory reposition models to decide the timing and quantity of each one of the Stock Keeping Units' (SKU) reposition. The company considered imports and sells LED products. Established in 2009, its operations include 87 SKUs from five different suppliers that are managed through an inventory plant located in the Southern region of Brazil. The suppliers are from China and the company intends to use primarily the maritime model of storage with a 40 days transport lead time and, in addition to that, an airplane model of 40 days lead time would be used to meet unexpected demands. There is one employee in charge of company's purchases and the high ordering expense makes continuum models inefficient, which led to the evaluation of periodic models with pre-defined purchase dates.

The text begins with a bibliographic revision about inventory stock control, followed by the preliminary analysis related to the demand, revealing that many SKU have short life cycles, some of which have been removed from this study. To the remaining SKUs a maximum reposition model has been proposed. To the items that had further historical information available, a forecasting-based model has also been tested aiming to improve the results. This model assumes static demand, which does not correspond to the historical information for some SKUs. This led to the development of further simulations to evaluate the model's robustness. There has been considered only forecasting methods that consider basis and trend. Seasonality could not be investigated due to data deficiency. The results show that relative models and models prevision models are yield approximately the same results. The recommendation is that, as some items become more popular, prevision models may become more efficient, justifying periodic comparisons between models to decide the best to be considered.

Keywords: Inventory Control. Demand Forecasting. Importation. Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Padrões de demanda	22
Figura 2 - Curvas para definição de NS	24
Figura 3 - Trade-off de custos	25
Figura 4 - Exemplo de curva ABC	26
Figura 5 - Modelos de Estoque.....	27
Figura 6 - Representação gráfica do lote econômico de pedido.....	29
Figura 7 - Dinâmica do modelo de lote econômico de compra.....	29
Figura 8 - Dinâmica do modelo de revisão contínua.....	31
Figura 9 - Dinâmica do modelo de revisão periódica.....	33
Figura 10 - Modelos de Previsão de Demanda.....	35
Figura 11 -Modelo teórico de um Box-Plot.....	51
Figura 12 - Trecho da análise de <i>outliers</i> extremos da base de dados.....	52
Figura 13 - Especificações de algumas lâmpadas LED.....	55
Figura 14 - Etapas da investigação do modelo de reposição do máximo.....	60
Figura 15 - Ilustração da geração de demanda aleatória	64
Figura 16 - Definição do período de inicialização e de simulação.....	65
Figura 17- Processo de cálculo do parâmetro Estoque Máximo	66
Figura 18 - Exemplo da tabela auxiliar de revisão parâmetros	67
Figura 19 - Ilustração da tabela de simulação de pedidos	68
Figura 20 - Trecho da tabela com os resultados das simulações	68
Figura 21 - Resumo das análises da simulação	73
Figura 22 - Etapas do aplicação dos modelos.....	75
Figura 23 - Trecho da investigação preliminar dos SKUs	75
Figura 24 - Organização da Implantação Computacional	79
Figura 25 - Trecho da planilha “Dados”	80

Figura 26 - Fluxograma de processo do modelo de reposição do máximo.....	81
Figura 27 - Planilha de simulação da reposição do máximo.....	82
Figura 28 - Fluxograma de processo do modelo baseado em previsão de demanda	83
Figura 29 - Planilha de simulação baseada em previsão de demanda	84
Figura 30 - Trecho do cálculo da Média Móvel Dupla.....	85
Figura 31 - Trecho do cálculo da Suavização Exponencial com Tendência	86
Figura 32 - Trecho I da tabela comparativa dos resultados de cada modelo	87
Figura 33 - Trecho II da tabela comparativa dos resultados de cada modelo	88
Figura 34 - Efeito do intervalo histórico	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lead Time comparativo dos modais de transporte.....	16
Tabela 2 - Pontos e contrapontos de estoque.....	24
Tabela 3 - Erros de previsão de demanda.....	42
Tabela 4 - Principais indicadores de atendimento	44
Tabela 5 - Classificação ABC dos SKUs	47
Tabela 6 - Tipos de produto e inclusão no trabalho	48
Tabela 7 - Dados descontinuados pelo baixo giro.....	50
Tabela 8 - Custos de importação por modal	53
Tabela 9 - Análise das OCs da LED Company	55
Tabela 10 - Fatores e níveis do experimento.....	62
Tabela 11 - Tabela dinâmica geral dos resultados.....	69
Tabela 12 - Fator CV demanda	70
Tabela 13 - Fator sazonalidade	70
Tabela 14 - Fator tendência	71
Tabela 15 - Interação entre tendência e sazonalidade	71
Tabela 16 - Interação tendência e CV	72
Tabela 17 - Interação sazonalidade e CV	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Inserção de novos SKUs por ano	49
Gráfico 2 - Número de SKUs por faixa de tamanho da base histórica.....	50
Gráfico 3 - Contagem de SKUs de acordo com faixas de CV	76
Gráfico 4 - Contagem de SKUs de acordo com faixas de tendência anual	76
Gráfico 5 - Série histórica do SKU 50-M.....	77
Gráfico 6 - Análise da sazonalidade do SKU 50-M	77

LISTA DE SIGLAS

c_a	Custo de armazenagem
c_p	Custo do pedido
d	Demanda média diária
D	Demanda total anual
Ef	Estoque Físico atual
EM	Erro Médio
EAM	Erro Absoluto Médio
EPAM	Erro Percentual Absoluto Médio
EQM	Erro Quadrático Médio
ES	Estoque de Segurança
FCL	<i>Full Container Load</i>
L	<i>Lead time</i>
LCL	<i>Less than a Container Load</i>
MMD	Média Móvel Dupla
NS	Nível de Serviço
OC	Ordem de Compra
p_{unit}	Preço unitário
Pe	Posição do Estoque
Q	Tamanho do lote de compra
Q*	Lote econômico de compra
SET	Suavização Exponencial com Tendência
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
t	Período em análise
T	Período de revisão do estoque em dias

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	A Empresa	15
1.2	O Processo de Compras	16
1.3	Formulação do Problema	17
1.4	Objetivo do Trabalho	18
1.5	Relevância do Estudo	18
1.6	Estrutura do Trabalho	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Conceitos da Gestão de Estoques	21
2.1.1	Demanda.....	21
2.1.2	Nível de Serviço	23
2.1.3	<i>Trade-offs</i> de Estoque.....	24
2.1.4	Custos de Estoque	25
2.2	Política de Estoque	26
2.2.1	Lote Econômico de Compra (LEC)	28
2.2.2	Revisão Contínua $\langle R, Q \rangle$	30
2.2.3	Revisão Periódica $\langle T, S \rangle$	31
2.2.4	Baseado em Previsão de Demanda.....	33
2.2.5	Modelos de Previsão de Demanda	35
2.3	Indicadores de Desempenho na Gestão de Compras e de Estoques	43
2.3.1	Estoque médio	43
2.3.2	Cobertura dos Estoques	43
2.3.3	Indicadores de Nível de Serviço (NS).....	44
2.4	Síntese do Quadro Teórico	45

3	ANÁLISE DE DADOS	47
3.1	Coleta de Dados	47
3.2	Remoção de <i>Outliers</i> Extremos.....	51
3.3	Mapeamento do Processo de Importação.....	52
3.4	Escolha dos Modelos a serem analisados.....	54
	3.4.1 Condicionantes da Operação da empresa	54
	3.4.2 Considerações sobre os Modelos Escolhidos	56
4	SIMULAÇÃO DO MODELO DE REPOSIÇÃO DO MÁXIMO	59
4.1	Planejamento do Experimento	60
4.2	Geração de Dados Aleatórios.....	62
4.3	Planilha de Simulação do Modelo.....	64
	4.3.1 Hipóteses Adotadas	64
	4.3.2 Separação da Série em Dois Conjuntos	65
	4.3.3 Determinação dos Parâmetros	65
4.4	Análise dos Resultados.....	68
5	APLICAÇÃO DOS MODELOS NA IMPORTAÇÃO.....	75
5.1	Análise do Perfil da Demanda dos SKUs.....	75
5.2	Aplicação das Recomendações	78
5.3	Implantação Computacional dos Modelos	79
	5.3.1 <i>Inputs</i>	79
	5.3.2 Cálculos	80
	5.3.3 <i>Outputs</i>	86
5.4	Discussão dos Resultados.....	87
6	CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS	91
6.1	Síntese do Trabalho.....	91
6.2	Análise Crítica.....	93
6.3	Desdobramentos e Considerações Finais	94

7	REFERÊNCIAS	97
	ANEXOS	99
	Anexo A - Códigos em Linguagem VBA	99
	A1. Macro VBA - Geração de demanda.....	99
	A2. Macro VBA - Revisão dos Parâmetros	101
	A3. Macro VBA - Modelo Periódico da Reposição do Máximo	104
	A4. Macro VBA - Modelo Periódico baseado em Previsão	109
	A5. Macro VBA - Método de Previsão de Demanda Média Móvel Dupla (MMD) ..	113
	A6. Macro VBA - Método de Previsão de Demanda Suavização Exponencial com Tendência (SET)	116
	Anexo B	118
	B1. Compilado das simulações da recalibração (Parte I)	118
	B2. Compilado das simulações da recalibração (Parte II)	119

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Empresa

A LED Company (nome fictício) é uma empresa inovadora, moderna e com grande potencial de crescimento. Fundada no final do ano de 2009, atua na área de importação e revenda de lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*) e tem obtido grande aceitação por parte dos consumidores. O crescente volume de vendas de seus produtos e a ampla cadeia de distribuição das lâmpadas, a qual já engloba diversas regiões do Brasil, são claras evidências de que essa é uma empresa em pleno desenvolvimento. Grande parte desse sucesso se dá pelo fato de a LED Company se comprometer com o desafio da sustentabilidade, com produtos ecologicamente corretos.

A empresa viabiliza para os consumidores brasileiros produtos que utilizam LEDs provenientes do mercado internacional que, além de representar o que há de mais avançado tecnologicamente no segmento de iluminação, possuem também design inovador, eficiência luminosa, conforto e bem-estar, tudo isso com uma mensurável economia nas contas de luz. Dessa maneira, são usados em projetos arquitetônicos e de design, iluminando diversos tipos de ambiente.

Segundo dados da empresa analisada, o *payback* médio calculado para um projeto de substituição de 50 lâmpadas convencionais por 50 lâmpada de LED é de aproximadamente 1 ano e tem-se um projeto com vida útil média de 8 anos.

A expectativa para este mercado é bem positiva. De acordo com Vogler *et al.*¹ há quatro barreiras que ainda atrapalham a dominação das lâmpadas de LED no mercado de iluminação:

- O preço elevado por unidade;
- Posicionamento do produto no varejo é fraco;
- Modelo de negócio atual só negocia investimento inicial e não explora benefícios a longo prazo;
- Falta de apoio regulatório, há grande receio na transição de tecnologias.

¹ VOGLER, O.; WEE, D.; WUNDERLICH, F. Relatório LED at the Crosswords da consultoria McKinsey. Disponível em <www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/dotcom/client_service/Semiconductors/PDFs/MOSC_1_LED.ashx> Acessado em: 14/04/2013

Superando essas quatro barreiras, a indústria de LED pode chegar a uma participação acima de 50% em cinco anos, tornando-se a tecnologia dominante e gerando muito lucro nos próximos anos.

1.2 O Processo de Compras

A empresa opera com cinco fornecedores diferentes, os quais serão referenciados de acordo com a inicial do nome de suas companhias. São eles: A, M, T, Y, K. Todos têm como país de origem a China e operam com um lead time de produção de 35 ou 50 dias, dependendo do SKU.

Atualmente a LED Company utiliza transporte aéreo para receber os produtos, mas tem a pretensão de utilizar apenas o modal marítimo para o transporte das cargas usuais, deixando o transporte aéreo para cobrir demandas inesperadas. A Tabela 1 contém as diferenças de *lead time* entre os tipos de modal.

Tabela 1 - Lead Time comparativo dos modais de transporte

Modal	Transporte da China	Desembarço
Aéreo	10 dias	5 dias
Marítimo	35 dias	5 dias

Fonte: LED Company

A empresa estoca os produtos em um único galpão na região sul do Brasil, de onde as lâmpadas partem em direção aos consumidores de todas as regiões do país. Essa distribuição se dá por meio de revendedores, espalhados pelo território nacional e tem foco nas classes sociais mais elevadas.

Atualmente a empresa não utiliza um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), todos os processos são registrados e manipulados em planilhas sem qualquer sistema de integração entre as áreas. A LED Company não pretende comprar um sistema do mercado; está desenvolvendo um de acordo com suas necessidades em parceria com uma empresa de tecnologia de informação. O sistema próprio confere à LED Company maior flexibilidade para criar seus modelos de controle personalizados de acordo com o que for mais adequado ao negócio.

O processo de compras da empresa é realizado por um único funcionário, que é também responsável pelo controle do estoque, pelas negociações de compra e pelo controle e atuação sobre os resultados dos indicadores de desempenho. Este funcionário mantém o registro do estoque de cada SKU em planilhas e semanalmente reúne-se com um dos sócios da empresa para definirem a data e a quantidade de cada SKU a ser importada, visando uma cobertura do estoque para 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

1.3 Formulação do Problema

A principal proposta da LED Company é criar bases sólidas para poder crescer no mercado de iluminação como uma importadora confiável, ampliando cada vez mais seu mercado. Para atingir tal objetivo, a gestão dos estoques é um dos principais fatores das operações de uma empresa importadora, podendo agregar grande vantagem competitiva à empresa melhorando os níveis de serviço e consequentemente os resultados do retorno sobre investimento (ROI).

Apesar da importância da gestão de estoques, a LED Company ainda não possui um modelo formal para o processo de compra. O processo é feito de acordo com a sensibilidade que um dos sócios tem quanto à demanda. Este sócio baseia-se no histórico e nas tendências do mercado, e estima uma previsão da demanda definindo a quantidade a ser comprada para manter determinados níveis de cobertura em 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Semanalmente, isso consome muito tempo do sócio que tem diversas outras atividades e responsabilidades mais importantes a nível estratégico, do que a decisão operacional de ordem de compra de cada SKU. Além disso, todo o processo de compra é realizado por um único funcionário que, por também assumir outras responsabilidades, poderia aproveitar melhor o tempo em outras atividades. Diante disso surge a necessidade de se definir modelos adequados de gestão para cada produto ou grupo de produtos de acordo com as características da empresa.

O fato de a LED Company ainda ser uma empresa nova permite que o controle dos estoques praticado atualmente seja nesse método praticamente empírico. Contudo, a expectativa é de que a empresa cresça e que o número de SKUs comercializados aumente agravando a complexidade do problema. A empresa visa a se antecipar a essas dificuldades e como está desenvolvendo um sistema próprio, já planeja estruturar um módulo específico para a gestão de estoques com os fundamentos dos modelos matemáticos mais adequados para os produtos, auxiliando na tomada de decisão das ordens de compra.

1.4 Objetivo do Trabalho

Este trabalho de formatura tem por objetivo o desenvolvimento de uma proposta de modelo matemático de controle de estoque adequado para a LED Company, levando em consideração seus aspectos organizacionais, de suprimento e de demanda.

Deste modo, o trabalho visa melhorar o processo de compra da LED Company por meio de uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão sobre as ordens de compra permitindo maior eficiência e eficácia do processo, além de possíveis melhorias no nível de serviço de atendimento e redução do estoque e de custos da LED Company.

1.5 Relevância do Estudo

Em uma organização comercial como a LED Company que importa seus produtos acabados, não há transformação de produto e logo não incorre em gastos do processo produtivo. Outros custos, por sua vez, tornam-se ainda mais representativos como é o caso do custo com estoque.

O estado ideal seria de estoque zero, contudo esta situação é inviável dada a variabilidade da demanda e o *lead time* dos fornecedores. O nível de atendimento aos clientes é outro fator primordial para a competição da empresa no mercado, de modo que a indisponibilidade de produto pode representar perdas significativas não só de vendas, mas pode também comprometer a imagem da empresa deixando de fidelizar um cliente.

O aprimoramento de técnicas de controle de estoques e o uso de ferramentas matemáticas podem resultar em grandes reduções de custo e melhoria no nível de serviço. Daí advém a relevância do trabalho realizado.

1.6 Estrutura do Trabalho

O capítulo 1 apresenta a introdução deste trabalho, com uma breve descrição da empresa estudada e identificação do problema e do objetivo deste estudo.

O capítulo 2 consiste na fundamentação teórica, a qual abrange os modelos de controle de estoque e de previsão de demanda.

No capítulo 3 é realizada uma análise preliminar dos dados da empresa e são feitas algumas considerações iniciais para os capítulos seguintes.

O capítulo 4 apresenta a investigação da revisão dos parâmetros do modelo de reposição do máximo por meio de simulação.

O capítulo 5 apresenta a aplicação dos modelos de reposição do máximo e baseado em previsão nos SKUs da LED Company e a discussão dos resultados.

Por fim, o capítulo 6 traz a conclusão e os desdobramentos do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos da Gestão de Estoques

Manter um estoque significa assumir certos riscos de deterioração ou obsolescência dos produtos, alto custo de manutenção de espaço, custos de movimentação e muitos outros gastos. Por outro lado, a ausência de um estoque pode significar a queda do nível de serviço e a potencial perda de clientes pela indisponibilidade dos produtos.

Segundo Slack *et al.* (2009, p.355) existe um grande dilema no gerenciamento de estoques: a manutenção dos estoques gera custos, ao mesmo tempo em que facilitam a conciliação entre fornecimento e demanda.

Para compreender a gestão de estoque é preciso compreender os seguintes pontos:

- Demanda
- Nível de serviço
- Vantagens e desvantagens de estoque
- Custos de estoque

2.1.1 Demanda

Por demanda entende-se a quantidade de um bem que os compradores desejam e podem comprar. Seu valor depende de diversas variáveis que influenciam a escolha do consumidor pela compra ou não de um bem ou serviço, tais como preço, preço dos outros bens substitutos, a renda do consumidor e o gosto ou preferência do indivíduo.

Algumas operações podem prever a demanda com mais precisão que outras. Em uma escola, por exemplo, após o início do período letivo um professor sabe quantas aulas lecionará e a quantidade de alunos que compõem suas salas de aula.

Para Lustosa *et al.* (2008) a demanda diferencia-se em demanda pontual ou repetitiva. A demanda pontual caracteriza-se pela concentração de demanda em determinado período e posterior diminuição significativa. Quanto à demanda repetitiva, há uma nova subdivisão em demanda dependente ou independente. Um item é classificado como dependente quando sua demanda está associada à demanda de outro item como, por exemplo, a demanda de rodas

para a indústria automobilística que está associada à demanda de carros. Ainda utilizando o exemplo, a demanda dos carros, por sua vez, é classificada como independente, sendo mais difícil de mensurar dada a maior proximidade com a variabilidade do consumidor final.

Lustosa *et al.* (2008) ainda ressalta a importância de se conhecer com maior profundidade a demanda, identificando se ela apresenta padrão estacionário, tendência e/ou sazonalidade. No primeiro caso, observam-se poucas variações nas vendas as quais estão relativamente constantes ao longo do tempo. No segundo caso, por sua vez, é notável uma variação (crescimento ou declínio) sistemática das vendas. Por último, a sazonalidade é característica de itens com oscilações regulares em suas vendas, como o caso do sorvete, por exemplo, o qual tem maior demanda no verão.

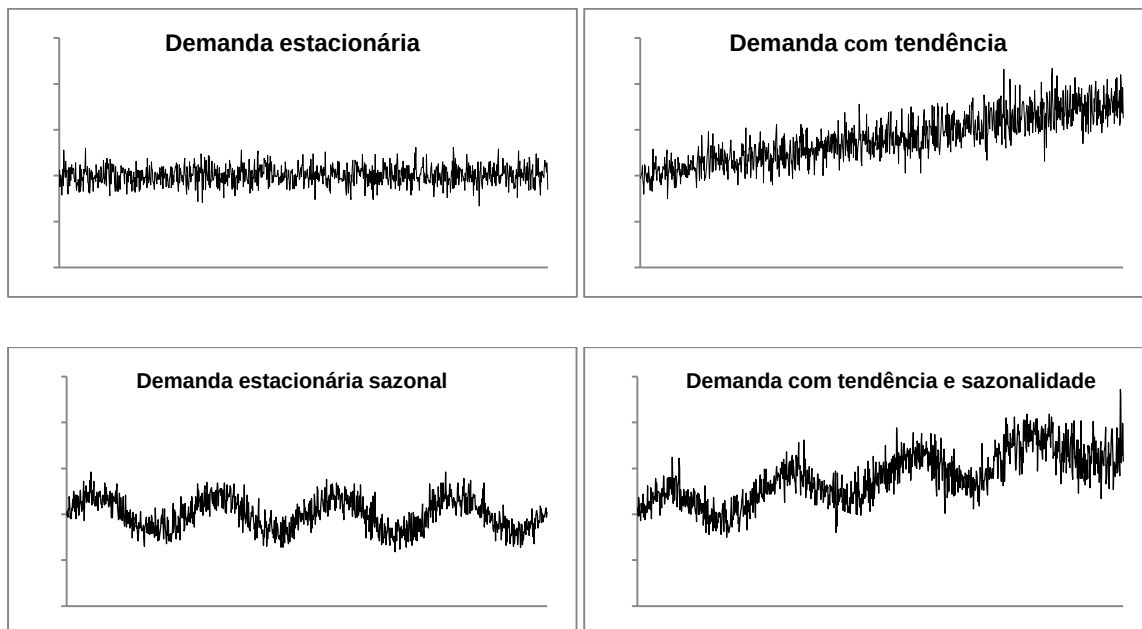


Figura 1 - Padrões de demanda
Fonte: Lustosa *et al.*, 2008

Conhecer bem a demanda dos produtos é fundamental e estratégico para qualquer organização permitindo que esta se antecipe quanto às decisões financeiras, comerciais e operacionais. Diante disso, a previsão da demanda tem assumido um papel chave. Mas não apenas a previsão por si só, pois para que esta tenha valor significativo deve sempre vir acompanhada do seu erro de previsão.

2.1.2 Nível de Serviço

Com a competitividade dos mercados, as empresas estão cada vez mais preocupadas com o nível de serviço (NS) oferecido aos seus clientes. Para estoques, o NS é o nível de atendimento que os estoques conseguem atender da demanda. Ao gerir fatores como tempo de entrega, disponibilidade e variabilidade dos produtos a empresa está gerindo as expectativas dos clientes e agregando valor ao serviço.

Ballou (2001) defende que a definição do NS para oferecer aos clientes é essencial para alcançar os objetivos de lucro da empresa. Um serviço ao cliente bem formulado é uma variável importante que pode garantir, além de uma demanda, a retenção de clientes potenciais.

Conforme Bowersox e Closs (2001), é possível alcançar qualquer nível de serviço logístico se a empresa estiver disposta a alocar os recursos necessários no ambiente operacional atual, o fator restrito é econômico e não tecnológico.

Determinar o NS é complexo e subjetivo, uma vez que é preciso determinar as necessidades dos clientes e a forma de se medi-las. Só então seria possível fixar os padrões de NS e então planejar o serviço. Cabe aos gerentes administrar o NS e estabelecer patamares de atividades logísticas de forma que proporcionem o NS logístico planejado.

O estoque tem uma importância fundamental na capacidade da cadeia de suprimento em alavancar a estratégia competitiva da empresa. Se a estratégia da empresa exige um alto nível de atendimento, a empresa pode usar o estoque para alcançá-la disponibilizando grandes quantidades de estoques. Do contrário, a empresa também pode usar o estoque para se tornar mais eficiente, reduzindo-o e consequentemente diminuindo seus custos. A escolha sobre o estoque está entre a disponibilidade, resultante da manutenção de maiores estoques, e a eficiência, resultante de estoques menores. O ideal é que os gerentes executem ações que reduzam a quantidade de estoque necessária, sem aumentar os custos ou comprometer o NS aos clientes. O *trade-off* entre custo de estoque e NS apresenta uma relação exponencial (BALLOU, 1998) de modo quanto mais próximo de 100% o NS estiver, o custo de estoque será altíssimo, tendendo ao infinito, conforme ilustrado na Figura 2.

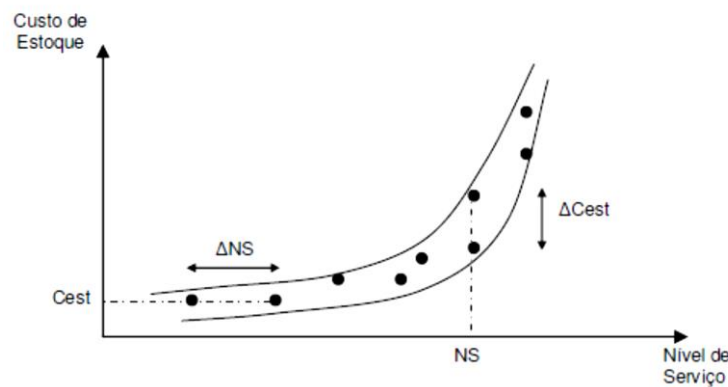


Figura 2 - Curvas para definição de NS

Fonte: Ballou, 2001

2.1.3 Trade-offs de Estoque

Para Slack *et al.* (2009, p. 356) estoque é a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação, além de descrever estoques como “qualquer recurso armazenado”. Independentemente do que é armazenado ou como é operado, o estoque sempre existirá porque sempre existe uma diferença de ritmo entre fornecimento e demanda.

O ideal seria a sincronia perfeita entre oferta e demanda, contudo, há uma série de variantes que impossibilitam esse cenário ideal. Dentre tais variantes, destacam-se a demanda futura flutuante e a disponibilidade instantânea dos produtos, que exigem a manutenção dos estoques.

Existem vários aspectos positivos e negativos em relação ao controle de estoques que ocasionam os *trade-offs*. Nesse sentido, observa-se na Tabela 2 o resumo de pontos e contrapontos levantados por Ballou (2001) e Slack *et al.* (2009):

Tabela 2 - Pontos e contrapontos de estoque

Pontos	Contrapontos
Estoque melhora o nível de serviço, facilitando a venda de produtos com disponibilidade imediata.	Estoque é um capital investido parado, é um dinheiro que fica indisponível para outros usos.
O acúmulo em estoque incentiva economias de produção com fabricação por lotes.	Estoque gera custos de armazenagem (aluguel, manutenção do local, etc.), custos administrativos e securitários.

Continua

Continuação

Permite economias de escala nas compras e no transporte.	Os produtos estão suscetíveis a danos ou avarias no estoque, podem ainda se tornar obsoletos.
Estoque serve como proteção contra a alteração dos preços.	Estoque consome espaço que poderia ser usado para agregar valor.
Estoque também serve como proteção contra oscilação na demanda ou no tempo de ressuprimento de estoque.	Alguns produtos são perigosos para armazenar (explosivos, químicos, etc.), exigindo instalações especiais e sistemas para manuseio seguro.
O trabalho da gerência é muito mais fácil tendo a segurança dos estoques	O estoque pode mascarar problemas de qualidade.

Fonte: Ballou, 2001 e Slack *et al.*, 2009

2.1.4 Custos de Estoque

Ballou (2001) defende que a política que envolve a logística de uma empresa passa por uma análise de compensações (*trade-off*), que, por sua vez leva a um conceito definido pelo autor como custo total. A compensação de custos é o reconhecimento de que os padrões de custo de várias atividades da empresa apresentam frequentemente características conflitantes entre si. Esse conflito deve ser gerenciado pelo equilíbrio das atividades de forma que elas possam ser otimizadas coletivamente.

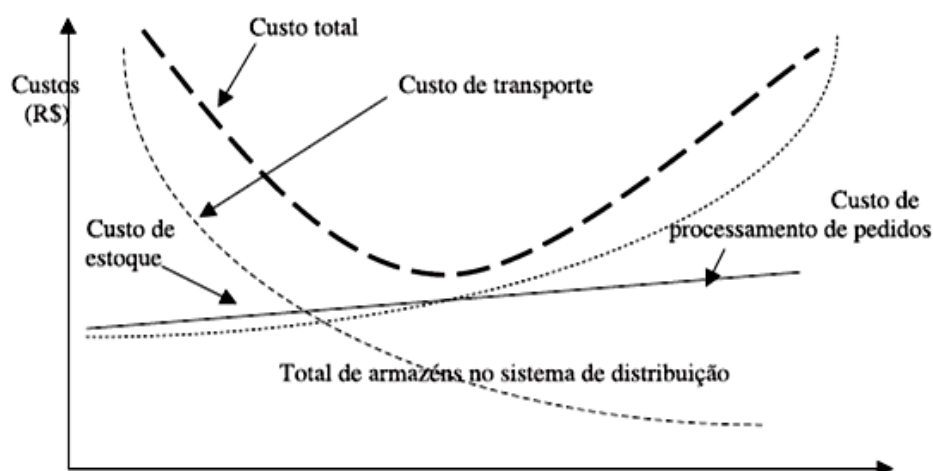


Figura 3 - Trade-off de custos

Fonte: Ballou, 2001

2.2 Política de Estoque

A política de estoque deve ser adaptada a cada tipo de produto. O primeiro passo para a escolha do melhor modelo é classificar os produtos quanto a sua representatividade no estoque. Para isso, um método muito utilizado e recomendado é a Curva ABC, também conhecida como Lei de Pareto. Segundo Slack *et al.*(2009), uma classificação ABC típica apresenta as seguintes classes:

- **Classe A:** de maior importância em valor ou quantidade, corresponde a 20% do total de itens e a aproximadamente 80% do valor total do estoque. São os itens que merecem maior atenção do gestor.
- **Classe B:** itens importantes que representam 30% do total de produtos e 10% do valor total do estoque.
- **Classe C:** grupo de itens menos importantes, sendo 50% do total e representando 10% do valor total do estoque.

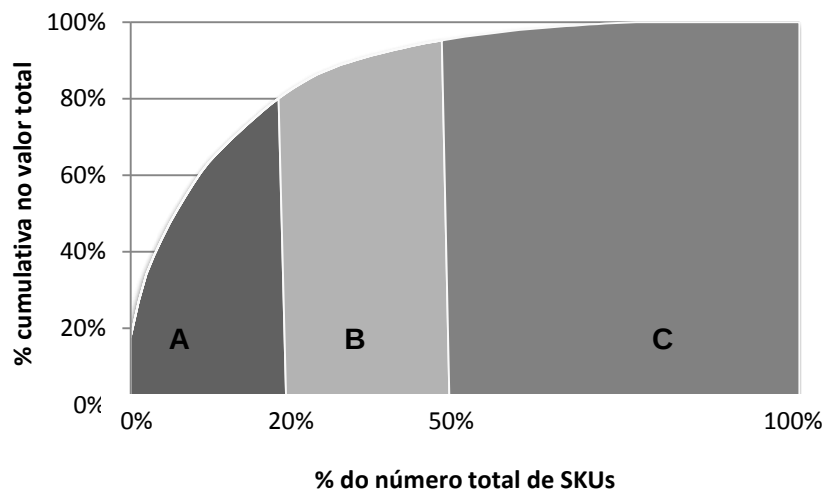


Figura 4 - Exemplo de curva ABC

Fonte: Slack *et al.*, 2009

Outro fator prévio para a escolha do modelo é definir se o problema em estudo apresenta um único local de armazenamento ou múltiplos locais. No primeiro, os modelos determinam a quantidade e o momento da reposição para minimizar os custos de estoque, de acordo com o nível de serviço estabelecido. No segundo, a complexidade aumenta e é preciso avaliar

também custos de transporte, de transferência e o tempo de entrega. Neste trabalho só serão abordados os modelos de armazenamento em local único.

A Figura 5 apresenta a classificação dos diferentes tipos de modelo de estoques:

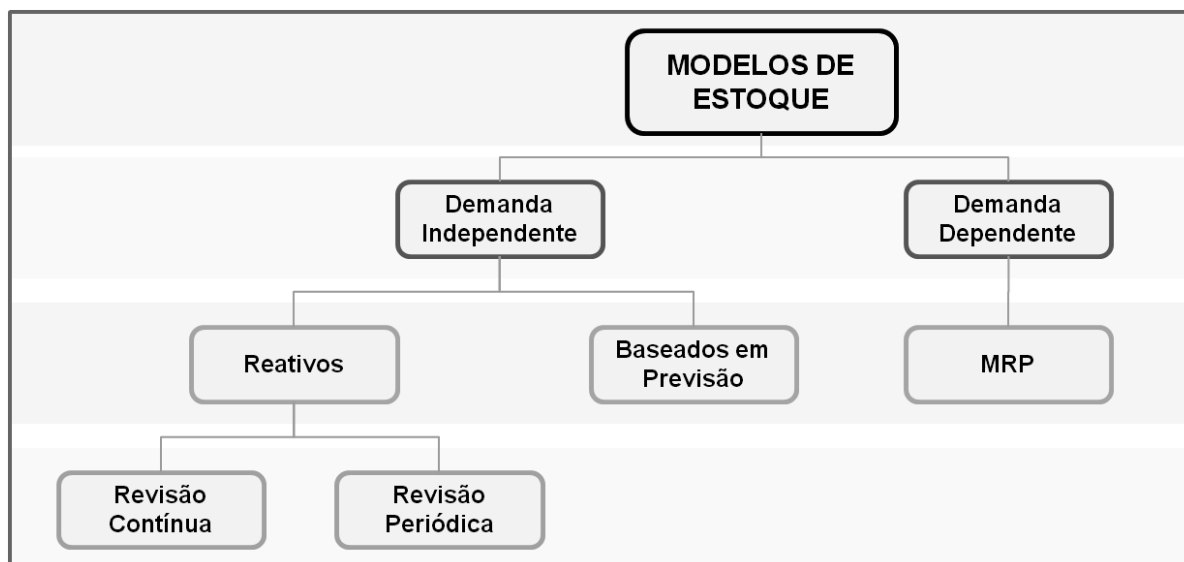


Figura 5 - Modelos de Estoque

Fonte: Lustosa et al., 2008

O estudo inicial da demanda conforme visto anteriormente é base para a seleção do modelo de reposição mais adequado para a operação. Os produtos de demanda dependente apresentam uma demanda correlacionada com a de outro item, como, por exemplo, na administração de matéria-prima e componentes os quais estão associados à demanda do produto acabado. Para estes produtos o modelo MRP (*Material Requirements Planning*) é o mais recomendado, mas não será abordado neste trabalho.

Quanto aos produtos de demanda independente, os modelos diferenciam-se em reativos ou baseados em previsão. SANTORO (2003) divide os modelos em reativos, que atuam na correção posterior à variação da demanda, e ativos, que antecipam uma ação antes da variação da demanda, baseando-se em previsões desta. Os modelos reativos são mais adequados para itens cuja demanda é estacionária, porém, quando há tendência ou sazonalidade tende-se a obter melhor desempenho com os modelos de previsão.

Os modelos reativos dividem-se em revisão contínua $\langle R, Q \rangle$ e revisão periódica $\langle T, S \rangle$. A análise dos principais modelos de reposição de estoques, inicia-se com o trabalho original de Harris (1913) sobre o Lote Econômico de Compra (LEC).

2.2.1 Lote Econômico de Compra (LEC)

O LEC é a abordagem mais comum para decidir quanto pedir de um item particular. Para Ballou (2009) à medida que o tamanho do pedido para reposição varia, um custo aumenta enquanto o outro diminui. Assim, pode ser matematicamente demonstrado que uma quantidade ótima de pedido (LEC) existe sempre que os dois custos estão em equilíbrio. Com isso pode-se definir a fórmula do lote econômico de compra que se fundamenta na minimização do custo total da operação:

$$C_{total} = C_{aquisição} + C_{pedido} + C_{armazenagem} + C_{falta}$$

$$C_{total} = p_{unit} \cdot D + c_p \cdot \frac{D}{Q} + c_a \cdot \frac{Q}{2}$$

Em que:

Q: tamanho do lote de compra

D: demanda total anual

p_{unit} : preço unitário

c_p : custo do pedido

c_a : custo de armazenagem

Estoque médio: $Q/2$

Número médio de pedidos: D/Q

Em função do LEC ser aplicado a uma demanda constante, é possível eliminar as faltas, cujo custo não é facilmente mensurável.

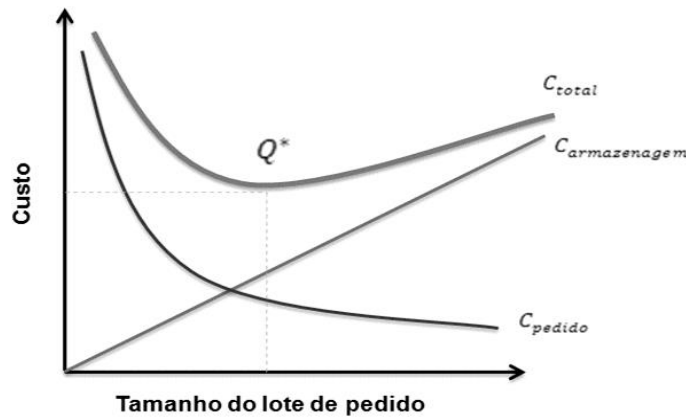


Figura 6 - Representação gráfica do lote econômico de pedido

O método gráfico para o cálculo do lote econômico é encontrar a ordenada do ponto mínimo da curva de custo total, conforme apresentado na Figura 6. O método analítico calcula a derivada da função custo total em relação à variável Q , igualando o resultado a zero, ou seja:

$$\frac{dC_{total}}{dQ} = \frac{c_p \cdot D}{Q^2} + \frac{c_a}{2} = 0$$

Que resulta em:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot c_p \cdot D}{c_a}}$$

O modelo segue a seguinte dinâmica:

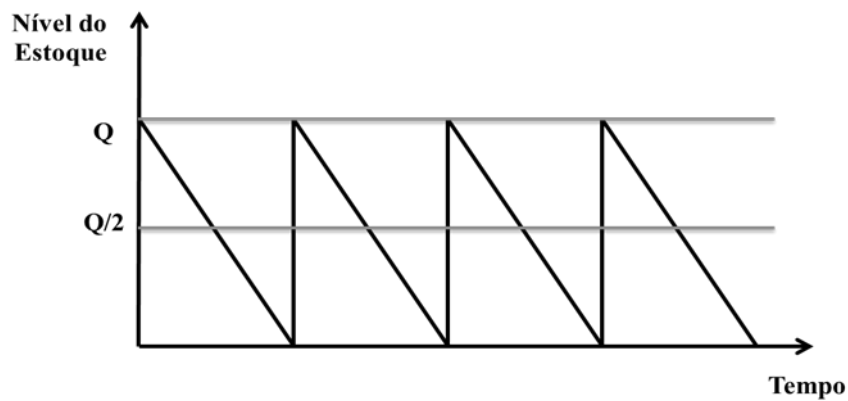


Figura 7 - Dinâmica do modelo de lote econômico de compra

O modelo apresenta uma série de premissas: um único item; demanda constante; custos lineares; capacidade de suprimento ilimitada; tempo de espera (*lead time*) constante. No entanto, as premissas de demanda e *lead time* constante não são realidades comuns, o que limitaria a aplicação desse modelo na prática. A premissa de custos lineares também é outra hipótese muito simplificadora do modelo, estando fora da realidade das organizações.

Se a demanda fosse constante, a revisão contínua e a periódica, que serão detalhadas a seguir, seriam iguais. Contudo, quando existe a aleatoriedade, surgem as duas alternativas de controle: lote fixo (período variável) ou período fixo (lote variável); revisão contínua e revisão periódica, respectivamente.

2.2.2 Revisão Contínua <R,Q>

A revisão contínua também conhecida como modelo de Reposição por Ponto de Pedido (RPP) caracteriza-se pelo monitoramento contínuo das quantidades em estoque dos produtos após cada retirada. Neste modelo são estabelecidos dois parâmetros:

- **Lote de compra “Q”:** tamanho do lote de pedido, o qual pode ser calculado pelo método do lote econômico de compra apresentado anteriormente.
- **Ponto de pedido “R” (*Reorder Point*):** quando o nível de estoque do item cai abaixo deste parâmetro um pedido é disparado. É calculado da seguinte maneira:

R = Demanda média no tempo de espera + Estoque de segurança

$$R = d \cdot L + z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{L}$$

Em que:

d: demanda média diária

z: coeficiente associado à distribuição normal de probabilidade de acordo com o nível de cobertura estabelecido.

σ_d : desvio-padrão da demanda diária

L: *lead time* em dias

O estoque de segurança (ES) é uma proteção que se adota para evitar a falta de estoque dada a variabilidade da própria demanda (ou da previsão dela), do *lead time* ou tempo de fornecimento, do desvio padrão destes dois elementos e do nível de serviço desejado. O ES

implica em um aumento dos custos de armazenagem, mas também representa uma garantia maior do nível de serviço. Vê-se que é o grande *trade-off* do ES.

A Figura 8 representa a dinâmica do modelo de revisão contínua.

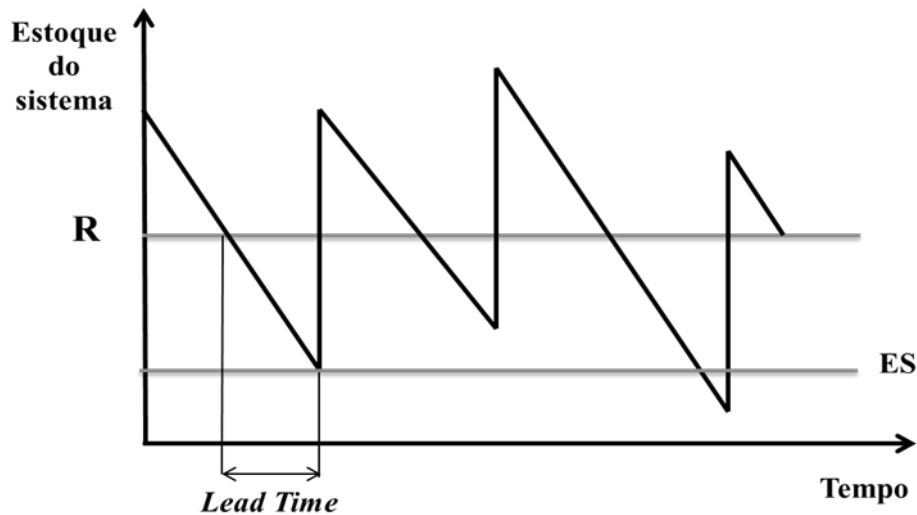


Figura 8 - Dinâmica do modelo de revisão contínua

Uma observação importante a se fazer é com relação ao comportamento do modelo diante da variação da demanda. O aumento da demanda provoca um aumento na frequência de reposições; já uma queda causa a diminuição da frequência de pedidos, além do consequente aumento dos custos. Mas tais condições de operação podem ser corrigidas revisando os parâmetros do modelo.

2.2.3 Revisão Periódica <T,S>

O modelo de revisão periódica, também conhecido como reposição do máximo, caracteriza-se pelo monitoramento dos estoques a intervalos regulares. No instante da revisão verifica-se o nível do estoque e faz-se o pedido de compra de um lote com quantidade suficiente para repor o estoque ao seu nível máximo projetado. Ou seja, o intervalo de reposição é fixo, mas a quantidade reposta é variável. Neste modelo são estabelecidos os seguintes parâmetros:

- **Período de revisão “T” (Período):** é o intervalo de tempo para a verificação do nível dos estoques que minimiza o custo total de estoque, pedido e falta. É calculado da seguinte maneira:

$$T = \frac{Q^*(do\ lote\ econômico\ de\ compra)}{taxa\ de\ demanda}$$

Ao estipular o período de revisão “T”, Lustosa *et al.* (2008) recomenda utilizar a regra do 2^k para estipular os períodos de revisão dos SKUs, de modo a deixar que itens de um mesmo fornecedor tenham um mesmo período de revisão para facilitar os processos administrativos e também para separar os produtos dentro da classificação da Curva ABC. Recomenda-se que a razão entre as classes, A, B e C seja de 2^k , onde k assume um valor inteiro qualquer.

- **Estoque máximo “S” (Stock):** estipula-se o valor máximo do estoque considerando ainda o espaço disponível do almoxarifado, o custo financeiro do estoque e características de alguns produtos que requerem cuidados especiais de armazenamento. A fórmula do estoque máximo é:

$$S = d \cdot (L + T) + ES$$

$$ES = z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{L + T}$$

Onde:

d: taxa de demanda média diária

L: *lead time* em dias

T: período de revisão em dias

ES: estoque de segurança

σ_d : desvio-padrão da demanda

z: percentual da distribuição normal da demanda associado ao nível de serviço.

A Figura 9 representa a dinâmica do modelo de revisão periódica. A cada período (T) verifica-se a quantidade em estoque (X) do produto e o lote de compra será a quantidade (Q) necessária para repor o estoque máximo (S). Nota-se que as quantidades compradas variam a cada período de acordo com as vendas que ocorreram nesse intervalo de tempo.

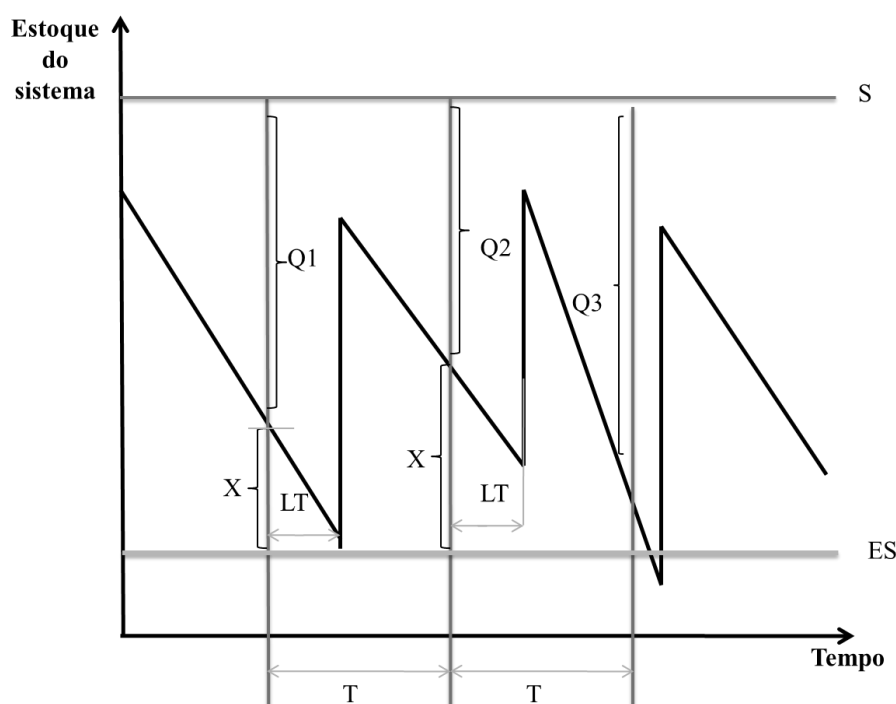


Figura 9 - Dinâmica do modelo de revisão periódica

O comportamento deste modelo diante da variação da demanda é diferente do modelo de revisão contínua. Neste caso o aumento da demanda provoca um aumento da incidência de faltas, com possível ruptura ou quebra do estoque, enquanto que a queda da demanda leva a uma redução do tamanho dos lotes de compra. Outra vantagem do modelo é que este facilita a coordenação de pedidos de múltiplos itens de um mesmo fornecedor.

2.2.4 Baseado em Previsão de Demanda

Os modelos apresentados até então são os modelos que apenas “reagem” à demanda, ou seja, após o resultado das entradas e saídas de pedidos é que se determinam as ordens de compra, uma maneira de atenuar essa característica de reatividade consiste na recalibração adequada dos parâmetros dos modelos.

O modelo baseado em previsão de demanda assemelha-se mais ao modelo de revisão periódica, como uma maneira de aperfeiçoá-lo antecipando a demanda, buscando prever as quantidades demandadas nos próximos períodos e utilizar esta informação nas ordens de

compra, ou seja, já não é reativo. Ao invés de se calcular um estoque máximo, calcula-se a necessidade bruta até a próxima reposição.

Ao utilizar a previsão de demanda, esta deve considerar o tempo de reação do modelo até a próxima atualização, ou seja, a previsão deve ser para um período T (período de revisão) somado ao L (*lead time*). Os lotes podem ser definidos como a quantidade que atenda a necessidade líquida atual da empresa ou até mesmo um valor maior dependendo das restrições de lote como, por exemplo, lotes mínimos ou múltiplos. A necessidade líquida é calculada da seguinte maneira:

$$Q = \text{Previsão de demanda } (T + L) + ES - Pe$$

Onde:

ES: estoque de segurança

Pe: posição do estoque = estoque físico atual + OCs pendentes – atrasos

Ressalta-se ainda que, neste modelo, o estoque de segurança é calculado de modo diferente. Neste modelo, deve cobrir apenas os erros de previsão, pois as variações da demanda já estão incluídas na previsão. Segundo Silver *et al.* (1998), o ES pode ser calculado pela equação:

$$ES = k \cdot \sigma_{T+L}$$

Onde:

k: fator de segurança, associado aos erros de previsão

σ_{T+L} : desvio padrão dos erros de previsão no período $(T + L)$

Outra observação quanto a este modelo é que, apesar de se tratar de um modelo mais completo, muitas vezes o mesmo não é utilizado por requerer um algoritmo de previsão de demanda confiável, o que nem sempre é viável. Os principais modelos de previsão de demanda são abordados do tópico a seguir.

2.2.5 Modelos de Previsão de Demanda

Os modelos de previsão de demanda podem ser classificados de diferentes formas, quantitativo ou qualitativo, formal ou informal, intrínseco ou extrínseco, estatístico ou não estatístico, descritivo ou explicativo. Lustosa *et al.* (2008) apresenta os seguintes métodos de previsão de demanda da Figura 10.

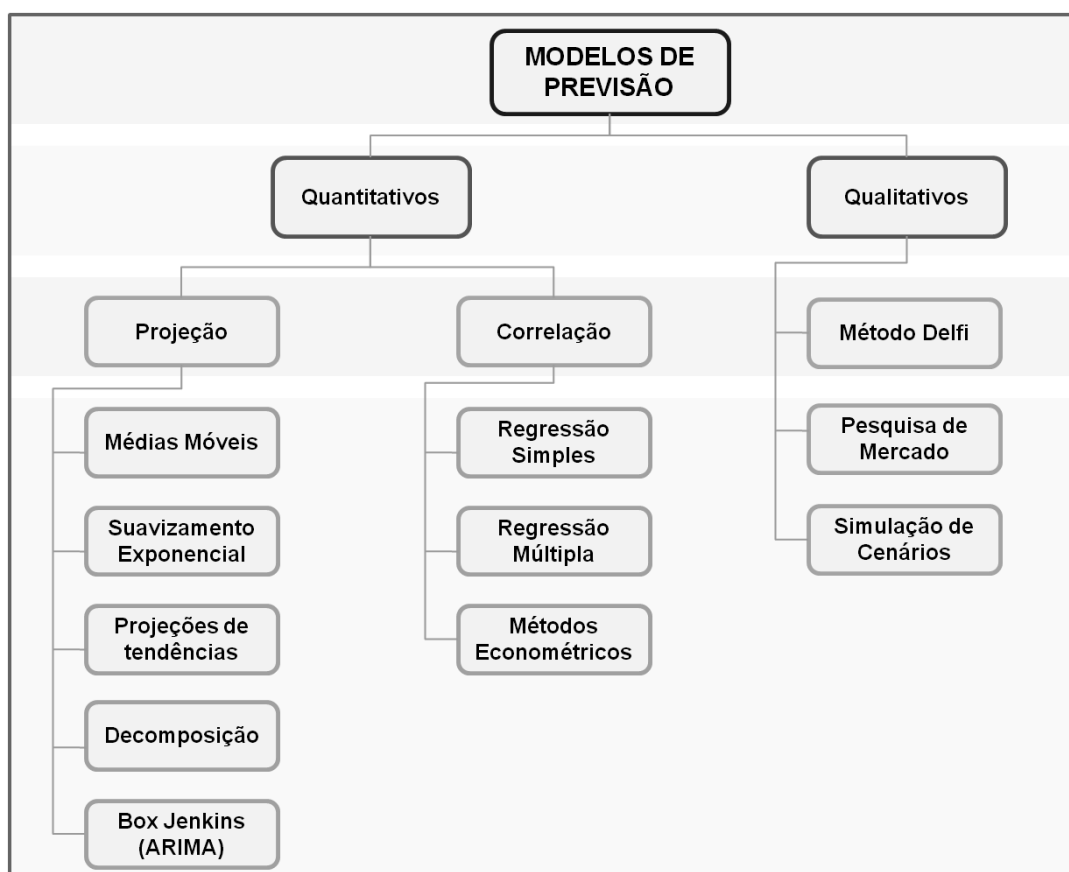


Figura 10 - Modelos de Previsão de Demanda

Fonte: Lustosa *et al.*, 2008

Modelos Quantitativos

Os métodos quantitativos são métodos estatísticos em diferentes níveis de complexidade, dividindo-se em dois grupos: modelos de séries temporais e modelos de correlação e regressão. Segundo Makridakis *et al.* (1998), uma previsão quantitativa pode ser aplicada quando três condições são reunidas:

- Existe informação disponível sobre o passado,
- Essa informação é quantificável em dados numéricos,

- Admite-se uma hipótese de continuidade: algum padrão do passado se perpetuará no futuro.

O primeiro grupo é o das projeções ou séries temporais. Caracterizam-se por considerar que a demanda é variável apenas no tempo. Assim, faz-se uma avaliação histórica do passado para prever o futuro com alguns ajustes. Os principais métodos serão abordados a seguir:

Média Móvel Simples

Pelo método das médias móveis apenas as últimas N observações são consideradas no cálculo da média, conforme a fórmula:

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{\sum_{x=t-N+1}^t Y_t}{N}$$

Cada nova previsão pode ser vista como um ajuste da previsão anterior com o descarte da observação mais antiga e a inclusão da última observação agora disponível. O objetivo da média móvel é incluir um número suficiente de períodos (normalmente entre 3 e 8) para que as flutuações aleatórias sejam canceladas (TERSINE, 1994).

O fato de dar o mesmo valor às observações pode representar uma limitação do método, uma vez que, conforme explicitado por Makridakis *et al.* (1998), “em vários casos, as observações mais recentes contêm mais informação sobre o que vai acontecer no futuro que as mais antigas”.

Média Móvel Dupla

De acordo com Corrar e Theófilo (2004), este método é aplicável a séries de dados que apresentam tendência, ou seja, que apresentem algum crescimento ou decrescimento linear ou exponencial ao longo do tempo. Aqui a técnica de média móvel simples é aplicada duas vezes, uma nos dados originais (M_t) e depois nos dados resultantes (M'_t) desta primeira aplicação. As fórmulas desse método são:

$$M_t = \frac{R_t + R_{t-1} + R_{t-2} + \dots + R_{t-n+1}}{n}$$

$$M'_t = \frac{M_t + M_{t-1} + M_{t-2} + \dots + M_{t-n+1}}{n}$$

$$a_t = M_t + (M_t - M'_t) \quad \text{e} \quad b_t = \frac{2}{n-1} * (M_t - M'_t)$$

Após essas etapas, finalmente calcula-se a previsão por meio da equação abaixo:

$$P_{t+p} = a_t + b_t p$$

Suavização Exponencial

Na média móvel, todas as parcelas apresentam o mesmo peso; contudo, poderia ser considerada uma média ponderada dando mais peso aos valores mais recentes. Partindo desse princípio é que foram elaborados os métodos de suavização exponencial. Serão tratadas aqui as seguintes variantes do modelo: simples, com tendência e com tendência e sazonalidade.

Suavização Exponencial Simples

A previsão (F_t) assume a hipótese de que a demanda oscila em torno de uma demanda base (B_t) constante a qual é corrigida a cada período (t) segundo a fórmula:

$$F_t = B_t = B_{t-1} + \alpha \cdot (D_t - B_{t-1})$$

Onde D_t é a demanda real e α (constante de suavização), cujo valor varia entre 0 e 1, determina se a curva de projeção será mais ou menos suave.

O valor apropriado para α é determinado através de teste em uma amostra das demandas reais passadas (teste retrospectivo). Valores indicados para α variam de 0,01 a 0,30. Antes que um modelo de suavização exponencial possa ser testado usando dados históricos da demanda, é necessário estimar o valor da previsão inicial. Há diversas formas de se obter essa estimativa inicial. Segundo TERSINE (1994), é comum utilizar a média das demandas da primeira parte dos dados históricos como a estimativa inicial de previsão. Outro modo de inicializar o modelo é usar o valor real da demanda no primeiro período disponível como o valor inicial da previsão.

Suavização Exponencial com Tendência (modelo de Holt)

Quando a demanda apresenta tendência, o modelo de suavização exponencial simples reage com atraso ao crescimento ou declínio das vendas, o que tende a subestimar ou superestimar constantemente a demanda. Adicionando-se uma segunda variável de tendência (T_t), a qual também será atualizada exponencialmente, o cálculo da previsão (F_t):

$$B_t = \alpha \times D_t + (1 - \alpha) \times (B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \times (B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$F_t(t + k) = B_t + k \times T_t, k = 1, 2, 3, 4..$$

Onde β é a constante de suavização para tendência que, assim como α , também assume valores de 0 a 1 e é determinada por teste retrospectivo. Contudo, neste caso é mais aconselhável dividir os dados históricos em dois segmentos e adotar como valor inicial da tendência a inclinação obtida da reta calculada por meio de regressão linear dos valores do primeiro segmento (TERSINE, 1994). Quanto ao fator k , como frequentemente se deseja fazer previsões para mais de um período futuro, basta variar o valor de k para período desejado.

Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade (modelo de Holt-Winters)

Nesse método, acrescenta-se a componente sazonalidade, definindo-se um índice de sazonalidade para cada período, calculado como a proporção entre a demanda média do período e a demanda média anual. O modelo completo apresenta as seguintes fórmulas:

$$B_t = \alpha \times \frac{D_t}{I_{t-s}} + (1 - \alpha) \times (B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \times (B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \times \frac{D_t}{B_t} + (1 - \gamma) \times I_{t-1}$$

$$F_t(t+k) = (B_t + k \times T_t) \times I_{t-s+k}, \quad k = 1, 2, 3, 4..$$

Com o incremento da componente da sazonalidade, insere-se γ a constante de suavização para sazonalidade. As mesmas considerações de β podem ser aplicadas a essa nova constante. Em comparação com modelos anteriores, este modelo requer maior quantidade de dados para determinar os índices de sazonalidade.

Nesta formulação, a constante “s” representa a extensão do ciclo sazonal, por exemplo, trabalhando-se com unidade de tempo mês e ciclo sazonal anual, $s=12$ (Lustosa *et al.*, 2008).

Apesar deste modelo ser o mais completo, Ballou (2001) recomenda “agir com muita cautela na escolha do modelo” e indica duas condições a serem cumpridas antes da aplicação do método:

- “Os picos e vales no padrão da demanda precisam ter um motivo conhecido, e devem ocorrer na mesma época todos os anos.
- “A variação sazonal deve ser maior do que as variações aleatórias ou ruídos.”

Decomposição

Segundo Makridakis *et al.* (1998), os métodos de decomposição estão “entre as abordagens mais antigas” pois suas bases foram estabelecidas na década de 1920. Pode ser descrita de duas formas:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + E_t$$

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times E_t$$

Com T_t é o componente de tendência, S_t o de sazonalidade, C_t o de ciclicidade e E_t o erro ou componente randômico.

A primeira equação é usada quando a sazonalidade não depende do nível da série, enquanto no segundo caso, a sazonalidade tem um efeito relativo à demanda (ela aumenta conforme o nível da série aumenta). O segundo caso é mais utilizado e será detalhado a seguir. A decomposição consiste nos seguintes passos:

1º) *Determinação dos índices de sazonalidade*: consiste no cálculo de uma média móvel M_t com a mesma quantidade de termos que a sazonalidade, normalmente distribuída ao longo de um ano, de modo que isso permite remover tanto o componente randômico quanto o efeito sazonal. As equações são:

$$M_t = T_t \times C_t$$

2º) *Isolar o componente sazonal do componente randômico*: Para isso, é necessário calcular as razões $\frac{Y_t}{M_t}$ de todos os dados disponíveis e então calcular a média dessas razões.

3º) *Determinação da equação de tendência*: O cálculo das médias móveis permite separar os componentes de tendência e ciclicidade dos outros. A determinação da equação de tendência é feita usando o Método dos Mínimos Quadrados, com uma regressão simples a uma equação de primeiro grau.

4º) *Cálculo da ciclicidade*: é obtida pela razão $\frac{M_t}{T_t}$.

Em suma, o princípio consiste em retirar o efeito sazonal dos dados, produzindo uma série "dessazonalizada". Em seguida, faz-se a projeção do componente de tendência e, finalmente, a reaplicação do fator sazonal.

O segundo grupo dos métodos quantitativos é o das correlações. Diferentemente das projeções com séries temporais, a correlação relaciona a demanda a outras variáveis além do tempo, sendo estas variáveis independentes, tais como projeções para a economia, por exemplo. Os principais métodos são as regressões e os métodos econométricos.

Na regressão simples é estabelecida uma relação entre a variável da previsão e o tempo. A variável prevista, ou seja, a demanda, é chamada de variável dependente. Já a variável usada para prever, o tempo, é denominada variável independente. A forma mais simples de relação é a regressão linear, a qual aproxima os valores de demanda por uma linha reta, por meio do método dos mínimos quadrados. A equação básica a reta que expressa a demanda (Y) como função do tempo (t) é:

$$Y = \alpha + \beta \cdot t$$

Onde α é a intersecção da reta com o eixo vertical quando $t = 0$, e β é o ângulo da reta. A diferença entre a regressão linear simples e a múltipla é que na múltipla são tratadas duas ou mais variáveis explicativas.

Já os métodos econométricos são um conjunto de equações simultâneas que explicam as interações entre diversas variáveis econômicas envolvidas em um negócio. São métodos extremamente complexos exigindo um elevado grau de qualificação e especialização daqueles que fazem seu manejo. São mais utilizados para avaliar hipóteses futuras.

Modelos Qualitativos

Os métodos qualitativos são caracterizados pela subjetividade, sendo fortemente baseados no consenso de especialistas. São muito utilizados nos casos em que não há disponibilidade de dados ou quando não há interesse em realizar análises estatísticas para tal. Mas é importante ressaltar que os métodos qualitativos e quantitativos podem ser complementares, não são excludentes.

Um exemplo de aplicação desse método é a estimativa do consumo de produtos novos. Segundo TERSINE (1994) nesses casos são comuns o uso de ferramentas como pesquisa de mercado, pesquisa indireta com especialistas da área, comparação com produtos já existentes que sejam similares ou substitutos e, por fim, teste de mercado limitado do produto de interesse a fim de simular sua aceitação pelos clientes potenciais.

Erros de Previsão de Demanda

O cálculo do erro da previsão é a diferença entre a demanda real (D_t) e a previsão de demanda (F_t) no período t . Entretanto, do ponto de vista analítico é mais interessante olhar o erro sob o aspecto dos indicadores da

Tabela 3.

Tabela 3 - Erros de previsão de demanda

Sigla	EM	EAM	EPAM	EQM
Erro	Erro Médio	Erro Absoluto Médio	Erro Percentual Absoluto Médio	Erro Quadrático Médio
Fórmula	$\frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)}{n}$	$\frac{\sum_{t=1}^n D_t - F_t }{n}$	$\frac{\sum_{t=1}^n \left \frac{D_t - F_t}{D_t} \right }{n}$	$\frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n}$

Fonte: adaptado de Lustosa *et al.* (2008)

O Erro Médio (EM) é a diferença entre o real e o previsto, mas é possível avaliar também a dispersão das previsões em torno dos valores efetivos por meio o Erro Absoluto Médio (EAM) e do Erro Quadrático Médio (EQM). No primeiro calcula-se a média dos desvios absolutos e no segundo cada desvio é elevado ao quadrado, dando mais peso aos erros maiores. A desvantagem do erro quadrático é que este não está expresso na mesma unidade dos dados originais. Uma alternativa bastante utilizada é o EPAM (Erro Percentual Absoluto Médio) o qual considera desvios relativos ou percentuais no cálculo do erro.

Em uma abordagem mais subjetiva dos erros de previsão, Brito Jr. (2013) aponta alguns dos erros mais comuns como:

- Confundir previsões com metas e, um erro subsequente, considerar metas como se fossem previsões;
- Não considerar o erro da previsão nas decisões baseadas na previsão de demanda calculada;
- Despender tempo e esforço avaliando se as previsões estão certas ou erradas, quando o mais relevante é discutir o “quanto” se está errando e os meios para reduzir tais “erros”;
- É praticamente impossível “acertar” as previsões. Em operações o objetivo não é obter previsões perfeitas, mas sim, previsões consistentemente melhores que as da concorrência.

2.3 Indicadores de Desempenho na Gestão de Compras e de Estoques

Os indicadores de desempenho são informações que registram e retratam o comportamento de uma atividade, função ou de toda uma organização. Indicadores devem apresentar metas em termos de quantidade, objetivo e prazo, estabelecendo relações numéricas (proporções, média, etc.). As medidas de desempenho mais utilizadas na gestão de estoques estão ligadas ao fluxo dos materiais que entram e saem do estoque, sendo as principais: estoque médio, cobertura dos estoques e indicadores de nível de atendimento.

2.3.1 Estoque médio

De acordo com Bowersox e Closs (2001), o estoque médio é a “quantidade máxima de materiais, componentes, estoque em processo e produtos acabados normalmente mantida em estoque”. O estoque médio nada mais é do que a média dos saldos de estoque ao longo de um dado período (n), é calculado da seguinte maneira:

$$\text{Estoque médio} = \frac{\text{Estoque}_{\text{inicial}} - \text{Estoque}_n}{n}$$

Um elevado estoque médio significa maior quantidade do produto em estoque e consequentemente maiores os custos de estocagem. Seu valor é importante para se tomar conhecimento da quantidade em unidades que se é estocada de cada SKU.

2.3.2 Cobertura dos Estoques

A cobertura dos estoques é a medida que avalia o período de tempo que o estoque, em determinado momento, consegue cobrir a demanda sem necessitar de ressuprimento. É calculada pela fórmula abaixo:

$$\text{Cobertura de Estoque} = \frac{\text{Estoque médio do período}}{\text{Demanda média do período}}$$

O índice de cobertura muito baixo é um sinal de alerta para uma possível falta de mercadoria para o atendimento da demanda dos clientes, mas um índice de cobertura muito elevado

também não é recomendado, pois implica que os produtos têm estoque médio muito alto, com possível obsolescência, danos e gerando custos.

2.3.3 Indicadores de Nível de Serviço (NS)

Em se tratando de estoques, conforme visto anteriormente na revisão bibliográfica, o NS é o nível de atendimento que os estoques conseguem atender da demanda. Manter um elevado NS é primordial para as empresas e é preciso mensurá-lo para se ter esse controle.

O ideal é que os gerentes executem ações que reduzam a quantidade de estoque necessária, sem aumentar os custos ou comprometer o NS aos clientes. Para a gerencia é muito importante equilibrar custo e disponibilidade de produto de modo a atender a demanda ao mínimo custo.

Entre os diversos índices de atendimento utilizados nas empresas, destacam-se na Tabela 4:

Tabela 4 - Principais indicadores de atendimento

Nome	Descrição	Polaridade
On Time In Full (OTIF)	Indica a proporção de entregas completas e pontuais apuradas no ponto de entrega, sob a efetiva perspectiva do cliente.	Maior melhor
Stock Out	Quantificação das vendas perdidas em função da indisponibilidade do item solicitado. Facilmente mensurável, pode ser calculado pelo quantidade de vezes que o estoque manteve-se com saldo zero.	Menor melhor
Exposição à Ruptura	Corresponde à proporção de dias em 365 dias, em que o saldo esteve abaixo do parâmetro estoque de segurança	Menor melhor

Fonte: portal LogWeb²

² GASNIER, D. Indicadores de Atendimento. Disponível em: <<http://www.logweb.com.br/novo/coluna/181/indicadores-de-atendimento/>>. Acessado em Maio de 2013.

2.4 Síntese do Quadro Teórico

Por meio da fundamentação teórica foram apresentados os principais conceitos relacionados a gerenciamento de estoques como demanda, nível de serviço, custos de estoque, *trade-offs*, entre outros, mas principalmente a relevância e a vantagem competitiva que um bom gerenciamento de estoques pode proporcionar para uma empresa. Especialmente para uma empresa importadora e distribuidora de produtos acabados como a LED Company em que boa parte de seus custos são de estocagem.

Em seguida foram levantadas as principais políticas de estoque, revelando a importância de se aplicar a política de estoque mais adequada ao perfil do produto e da empresa em questão. A revisão bibliográfica mostra que o primeiro passo para definir o modelo de estoque da empresa é realizar um estudo inicial das características da demanda e do contexto da empresa para identificar qual modelo melhor se adequa às condições da empresa.

Após a análise prévia, aplicam-se os dados da LED Company nos modelos selecionados e os resultados são mensurados e comparados através dos indicadores de desempenho. Esse racional é adotado na sequência dos capítulos deste trabalho.

3 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados consiste em fazer a coleta de informações e realizar algumas análises preliminares dos dados da LED Company, investigando-se o contexto da empresa para a determinação de modelos viáveis ou não à sua situação, apresentando por fim algumas considerações iniciais para a aplicação dos modelos no capítulo a seguir.

3.1 Coleta de Dados

Conforme foi apresentado anteriormente, a LED Company foi fundada em 2009, mas seus primeiros registros de demanda só foram iniciados em 2010, representando as primeiras demandas atendidas pela empresa. Foram coletados todos os dados históricos de demanda da empresa LED Company desde seu início em Janeiro de 2010 até a data recente para a realização deste trabalho, até fim de Março de 2013. Para assegurar a confidencialidade dos dados, os números originais foram multiplicados por um fator X.

Primeiramente foi feita a análise da curva ABC considerando os dados de 2013 que expressam melhor a realidade atual da empresa. A classificação ABC identificou quais os itens merecem maior atenção dos gestores a fim de garantir melhores níveis de serviço.

Tabela 5 - Classificação ABC dos SKUs

Classe	Quantidade de SKUs
A	20
B	21
C	46
Total	87

Aprofundando em mais detalhes a base de dados, a LED Company é uma empresa nova e ainda está definindo seu portfólio de produtos. Muitos dos SKUs iniciados em 2009, 2010 e 2011 foram descontinuados, em contrapartida, tantos outros foram introduzidos no portfólio de produtos da empresa. Em função disso, a base de dados da LED Company caracteriza-se por séries históricas de diversos tamanhos e períodos distintos, com muitos SKUs com poucos dados. São poucos itens relativamente estáveis no nicho de mercado em que a LED Company atua, o que dificulta a avaliação dos produtos exigindo um tratamento adaptado para cada um dos grupos.

Por tais razões, optou-se por delimitar o escopo deste estudo, restringindo-o a apenas alguns tipos de produtos. A Tabela 6 apresenta os diferentes tipos de produtos e a decisão de incluí-los ou não no escopo deste trabalho.

Tabela 6 - Tipos de produto e inclusão no trabalho

Tipo	Descrição	Inclusão	Justificativa
Produto Novo	Produto lançados recentemente no mercado e que não apresentam base histórica suficiente (6 meses) para as análises.	Não	O comportamento da demanda é pouco conhecido. As demandas registradas no início provavelmente não representam as demandas futuras.
Produto em linha	Produtos comercializados e que necessitam de novas importações para reposição dos estoques e que apresentam uma série histórica de demanda mais longa	Sim	Dada a viabilidade da série histórica mais longa e a necessidade de reposição desses produtos comercializados, serão analisados.
Produto descontinuado	São produtos que ainda são comercializados pela empresa, mas que devido ao baixo giro não são realizadas novas importações para reposição. Tais produtos não serão mais comercializados quando acabarem os estoques.	Não	Produtos não serão importados novamente, portanto, não há motivos para determinar métodos de controle para seus estoques. É necessária apenas a atualização de seus níveis ao longo do tempo.

Apesar dos produtos novos não serem abordados neste trabalho de formatura, recomenda-se que eles sejam tratados de maneira diferenciada e com muita atenção pelos responsáveis da área. É muito difícil prever a demanda de produtos novos, pois não se sabe ao certo o grau de aceitação do produto por parte dos clientes o que torna a operação altamente complexa. Como se pode observar no Gráfico 1, que avalia todos os produtos com que a LED Company já operou, a empresa que ainda está definindo seu portfólio de produtos. A grande maioria dos produtos tiveram suas primeiras demandas apenas em 2012.

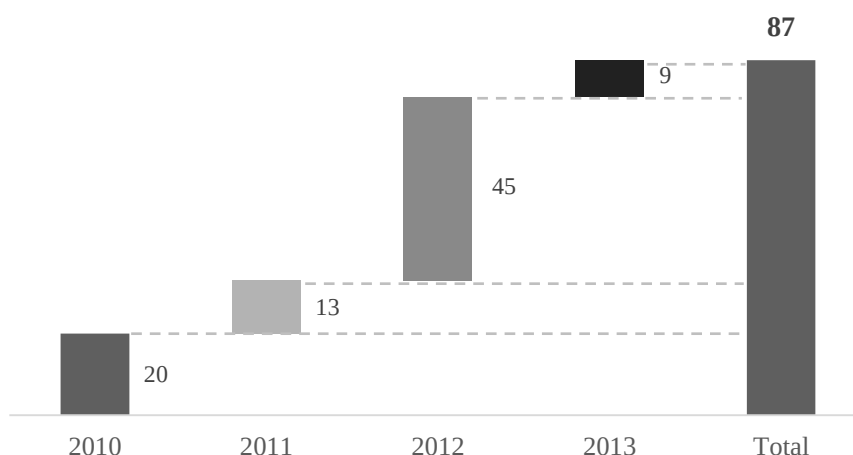


Gráfico 1 - Inserção de novos SKUs por ano

Como a LED Company vende seus produtos não só para os clientes finais, mas também para alguns varejistas, parte da demanda inicial não está atrelada à real intenção de compra dos clientes, mas sim à previsão de demanda (possivelmente subestimada ou superestimada) dos varejistas. Dessa forma, as vendas iniciais dos produtos novos provavelmente não registrarão a realidade da demanda, de modo que os gestores da área necessitarão fundamentar boa parte das suas previsões baseadas no conhecimento de mercado, visão de negócio e na opinião de especialistas.

As principais fontes de dados tanto quantitativas quanto qualitativas são: dados históricos, projeções de demanda, planos de promoção, objetivos corporativos, dados de participação do mercado, níveis de estoque e pesquisa de mercado. Recomenda-se fortemente que os gestores acompanhem ao máximo essas fontes para todos os produtos, e principalmente para os novos que necessitam de maior elasticidade na hora de efetuar os pedidos.

Ao mesmo tempo em que muitos produtos foram inseridos, outros iniciados anteriormente foram descontinuados. Os produtos cujo último pedido de demanda foi efetuado antes de Outubro de 2012, ou seja, há mais de 6 meses da data dessa análise, foram automaticamente considerados descontinuados, totalizando 16 SKUs. Ainda se realizou mais uma investigação quanto à descontinuidade dos produtos, conforme será visto a seguir. Com a exclusão desses produtos fez-se a investigação do tamanho da base histórica dos 71 SKUs restantes. O Gráfico 2 apresenta a quantidades de SKUs nas faixas de tamanho de base histórica.

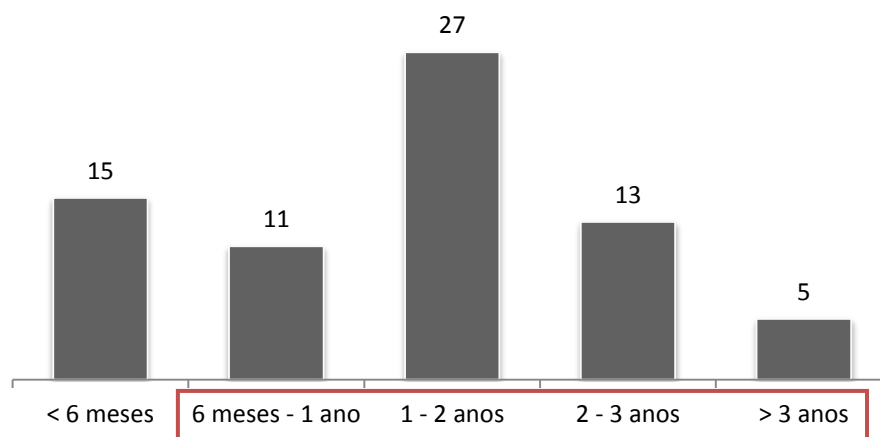


Gráfico 2 - Número de SKUs por faixa de tamanho da base histórica

Os produtos com histórico menor do que 6 meses são os produtos novos e não serão avaliados. Devido à baixa confiabilidade de uma base histórica muito pequena, só serão consideradas viáveis as análises dos SKUs com pelo menos 6 meses de histórico de dados, destacados em vermelho no Gráfico 2, totalizando 56 produtos. Os dados de 2010 foram excluídos da análise ante o baixo número de SKUs com dados nesse período.

Por produtos descontinuados entende-se os produtos que ainda são comercializados pela empresa mas que possuem baixo giro. Ou seja, pode haver produtos descontinuados que tiveram pedido de demanda há menos de 6 meses. Para excluí-los, comparou-se para cada SKU a média dos últimos 6 meses em relação à média de toda a série histórica. Os produtos que apresentaram reduções maiores do que 75% foram considerados descontinuados, dado o baixo giro. Os itens que foram excluídos por esse critério são destacados na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados descontinuados pelo baixo giro

Item	Média Total	Média 6 meses	Δ %
37-M	49 u	1 u	-6231%
32-M	55 u	2 u	-2636%
35-T	66 u	3 u	-2357%
56-K	29 u	4 u	-574%
57-T	29 u	6 u	-424%
14-T	257 u	63 u	-310%
70-M	14 u	8 u	-85%
36-A	52 u	35 u	-50%
27-M	81 u	57 u	-42%
3-K	717 u	717 u	0%

Por fim, pelos critérios escolhidos foi obtido um grupo de 49 produtos. As séries temporais analisadas serão de Janeiro de 2011 a Março de 2013.

3.2 Remoção de *Outliers* Extremos

Conforme mencionado no capítulo 1, atualmente a LED Company faz avaliações semanais de seu controle de estoque e o mesmo período será mantido para as análises dos dados. Após agrupar as demandas diárias em semanas, analisando os 49 SKUs, foi detectado que muitos deles apresentavam dados discrepantes. Por apresentar os dados do início do lançamento dos produtos, a base de dados está repleta de informações que não correspondem a demanda do produto, está registrando desde a saída de amostras até grandes demandas de lançamento. Ademais, por ser uma empresa muito nova, diversas negociações comerciais são realizadas para divulgar a empresa e conquistar novos clientes, de modo que a demanda é muito influenciada por promoções e descontos especiais.

Classificam-se como *outliers* os dados cujos valores distam muito daqueles obtidos dos demais integrantes de uma amostra. Em função da presença de *outliers* na base de dados, utilizou-se o método de *Box-Plot* para sua detecção.

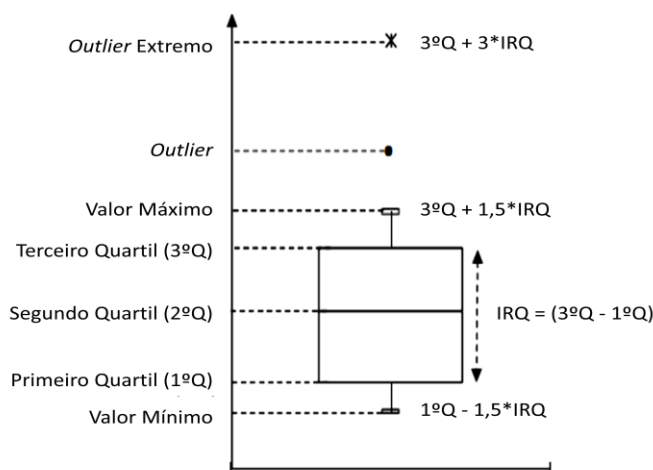


Figura 11 -Modelo teórico de um Box-Plot

Fonte: adaptado de Montgomery e Runger (2003)

Montgomery e Runger (2003) afirmam que um ponto mais do que três intervalos interquartis da borda da caixa é chamado de *outlier* extremo. Os *outliers* normais estão fora dos limites de valores máximo e mínimo, enquanto que os *outliers* extremos estão ainda mais distantes,

encontrando-se fora dos limites de $1^{\circ}\text{Q}-3^{\circ}\text{IRQ}$ e $3^{\circ}\text{Q}+3^{\circ}\text{IRQ}$, onde IRQ é o intervalo do Interquartil.

Pode-se considerar que os *outliers* normais afetam o resultado, mas ainda guardam semelhanças com a população. Já os *outliers* extremos, devido à sua característica de distância extrema, devem ser analisados separadamente, excluindo-se seus valores da base de dados. A remoção dos valores atípicos é dada como necessária para evitar a distorção dos dados da população. A Figura 12 representa um trecho da análise e remoção realizadas.

Análise de Outliers Extremos						
SKU	26-M	50-M	27-M	36-A	2-M	3-K
Máximo	394	145	363	305	5215	4232
3º Quartil	137	36	98	70	1326	953
2º Quartil	93	25	56	39	657	614
1º Quartil	59	15	26	22	373	368
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Outlier Ext. Máx	371	99	314	214	4185	2708
Outlier Ext. Min.	0	0	0	0	0	0
1-2011	0	0	0	0	0	0
2-2011	56	30	171	22	0	0

Figura 12 - Trecho da análise de *outliers* extremos da base de dados

3.3 Mapeamento do Processo de Importação

Toda importação começa com o processo de negociação com os fornecedores. A LED Company já apresenta uma rede de fornecedores mapeada de tal forma que para o processo de importação não será considerado o processo de análise e escolha do fornecedor. Nos quatro anos desde sua criação em 2009, a empresa já mudou de fornecedores e atualmente trabalha com cinco - A, M, T, Y e K. A LED Company possui uma base contendo o contato, tempo de atuação, garantias oferecidas, dados de preço, condições de pagamento e prazo de entrega atualizada semestralmente de outros fornecedores para possíveis contatos futuros.

A forma de pagamento mais comumente utilizada nas importações da LED Company é o financiamento oferecido pelo próprio fornecedor através de programas de incentivo à exportação concedido pelo país de origem. No momento do pagamento é necessário o fechamento do câmbio, traduzindo a conversão da moeda nacional pela moeda do país onde

está sendo comprada a mercadoria, ou por outra moeda que fora estabelecida de comum acordo. Para este fechamento, contudo, a LED Company praticamente não avalia a variação cambial, sendo que apenas casos extremos de variação são avaliados e levados em consideração na tomada de decisão da compra.

Contratado o frete e o seguro, para o modal marítimo a operação de transporte caracteriza-se por FOB (*Free On Board*), onde o exportador responsabiliza-se em colocar a mercadoria a bordo do navio indicado pelo importador, no porto de embarque designado e só a partir daí é que a LED Company assume os custos e riscos. Para o modal aéreo a operação caracteriza-se por FCA (*Free Carrier*) em que o vendedor entrega as mercadorias desembaraçadas para a exportação, ao transportador designado pela LED Company no local combinado.

Outra diferença de extrema importância entre os modais são os custos. A Tabela 8 apresenta os valores fornecidos pela LED Company, destacando-se a economia estimada trabalhando apenas com o modal marítimo e deixando o modal aéreo apenas em caráter de emergência. Observa-se uma economia altíssima de 83% nos custos de frete e desembaraço que pode compensar o aumento dos custos de estoque - estimados pela LED Company em R\$0,20-, devido à necessidade de estoques maiores. Dado o interesse da empresa no modal marítimo, daqui em diante o trabalho focará apenas nesse modal.

Tabela 8 - Custos de importação por modal

	Modal Aéreo	Modal Marítimo	Δ Economia	% Economia
Preço do frete	USD 0,9/ u	USD 0,15/ u	USD 0,75/ u	83%
Preço de compra do produto	USD 10,00 /u	USD 10,00 /u	-	-
Custo do desembaraço	R\$ 0,18/ u- 5.000 unidades	R\$ 0,18/ u - 30.000 unidades	R\$ 0,90/ u *- 30.000 unidades	83%
Impostos	R\$ 5,33 / u	R\$ 5,33 / u	-	-

* igualando a quantidade mínima de unidades, calcula-se a economia R\$/u

Fonte: Dados da LED Company

Quanto aos funcionários envolvidos, além do gestor responsável pelas compras e pelo controle dos estoques, a empresa ainda conta com os serviços terceirizados de um despachante aduaneiro e de uma equipe de funcionários que reside na China.

O despachante aduaneiro tem como procedimentos de sua responsabilidade a preparação, entrada e acompanhamento da tramitação de documentos que tenham por objeto o despacho aduaneiro nos termos da legislação e, assistência e acompanhamento à verificação da mercadoria na conferência aduaneira. Destaca-se ainda como responsabilidade do despachante aduaneiro o monitoramento da carga, acompanhamento da conferência aduaneira e o recebimento das mercadorias e bens desembaraçados.

A equipe na China, por sua vez, responsabiliza-se pelo contato direto com os fornecedores, auxilia nos trâmites locais de burocracia, faz o controle do cumprimento dos pedidos e é responsável pela consolidação das cargas advindas dos diferentes fornecedores antes do envio para o Brasil.

3.4 Escolha dos Modelos a serem analisados

3.4.1 Condicionantes da Operação da empresa

Conforme visto na revisão bibliográfica, os modelos de controle de estoque podem ser de revisão contínua ou periódica. A seguir será explicado porque os modelos de revisão contínua não se encaixam ao contexto da LED Company.

O primeiro ponto que se destaca é o fato de a empresa contar com um único funcionário para fazer o controle dos estoques. Com a expansão do portfólio de produtos ficaria inviável para ele acompanhar diariamente todos os produtos.

Além disso, efetuar ordens de compra (OC) tem um custo muito elevado para uma empresa importadora. O processo de importação, detalhado anteriormente, incorre em diversos custos destacando-se os custos de frete e de despesas aduaneiras.

O frete varia de acordo com a quantidade transportada de mercadoria, e os modais de carga são LCL e FCL. No primeiro, LCL (*Less than a Container Load*) a carga não ocupa um container inteiro e será embarcada em um container compartilhado com mercadorias de outros indivíduos, já no segundo, FCL (*Full Container Load*) o expedidor aluga um container inteiro para enviar sua mercadoria. As especificações do menor container utilizado segundo o site da

LOGITRADE³ são: container de 20 pés, dimensões internas: 5,9mx2,3mx2,4m e capacidade de carga de 2.300kg.

Estimou-se o tamanho médio dos produtos com base nas especificações da maior lâmpada da Figura 13. Aproximando as dimensões para um cubo de aresta de 130mm, é possível estimar que o container de 20 pés comporta 13.770 unidades e que o peso médio de 60g/unidade não é fator limitante.



Figura 13 - Especificações de algumas lâmpadas LED
Fonte: Portal da empresa PHILIPS⁴

Analisando as OCs da LED Company, vide Tabela 9, é possível notar que as OCs já praticadas semanalmente são plenamente capazes de completar um container (FLC), mas OCs diárias dividiriam a carga a qual seria transportada por LCL, com fretes mais caros.

Tabela 9 - Análise das OCs da LED Company

	Todos	2013	Unidade
Média por OC	11.497	14.086	u/OC
Média mensal	58.205	90.150	u/mês
Média semanal	12.019	23.724	u/semana

Além do aumento no custo do frete, a cada pedido são cobradas as despesas aduaneiras, as quais, segundo material da ABRACOMEX⁵, as principais englobam:

- Liberação de BL, taxas, *demurrage*, desova;
- Transporte interno no porto;

³ LOGITRADE, Ferramentas Logitrade. Disponível em: <<http://www.logitrade.com.br/ferramentas.php>>. Acessado em Junho de 2013.

⁴ PHILIPS, Lâmpadas MASTER LED. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com/br_pt/lightcommunity/assets/Brochura_MASTER_LED_3_LR.pdf> Acessado em Junho de 2013.

⁵ ABRACOMEX, Normas Gerais no Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/abracomex1/tributos-no-comrcio-exterior>>. Acessado em Junho de 2013.

- Taxa do sindicato de despachantes aduaneiros;
- Separação de carga, etiquetagem e *picking*;
- Multas ocorridas durante o curso do despacho aduaneiro;
- Frete rodoviário;
- AFRMM (Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante) e taxa Siscomex;

Diante de tantos gastos incorridos em um pedido, é mais vantajoso para a LED Company importar uma grande quantidade de produtos a fim de ratear esses custos. No modelo de reposição contínua o controle contínuo e individual dos produtos dificulta o agrupamento de pedidos. Dessa forma, este modelo de estoque não é adequado para o contexto da LED Company. A seguir, serão analisados apenas modelos de revisão periódica com e sem previsão de demanda.

3.4.2 Considerações sobre os Modelos Escolhidos

Os modelos periódicos escolhidos foram: o baseado em previsão e a reposição do máximo. O modelo de reposição do máximo pertence aos modelos ditos clássicos e, conforme foi visto na fundamentação teórica foram criados fundamentando-se em uma demanda estável. Contudo, esse quadro não é a realidade da grande maioria dos itens, vez que os fatores como tendência e sazonalidade da demanda afetam significativamente os resultados dos modelos que não foram projetados para perfis de demanda não estacionária.

Os modelos baseados em previsão de demanda, por sua vez, são reconhecidos por tratarem desses eventos e por obterem resultados melhores em relação aos modelos clássicos quando a demanda não é estável. O conceito da previsão de demanda quanto a se antecipar às mudanças é bem reconhecido. Contudo, quando as circunstâncias apresentadas pela empresa não apresentam as três condições levantadas por Makridakis *et al.* (1998) (informação disponível e quantificável sobre o passado e hipótese de continuidade) a previsão quantitativa não é aplicável. Além disso, os erros de previsão aumentam com o aumento do período de tempo avaliado, como é o caso da LED Company que apresenta um *lead time* médio de entrega de seus pedidos de 90 dias.

Optou-se então por aplicar o modelo de reposição do máximo para todos os SKUs avaliados e aplicar a confrontação com o modelo baseado em previsão apenas nos itens que apresentam

previsibilidade. Para os modelos baseados em previsão o ideal é que seja utilizado um período de 1 ano para o cálculo dos parâmetros da previsão e mais 1 ano para aplicar a simulação e verificar os erros da previsão. Contudo, apenas 12 SKUs da LED Company apresentam histórico maior do que 2 anos, de forma que a previsibilidade da demanda e a confrontação dos dois modelos só serão efetuadas para esses SKUs.

Para a aplicação do modelo de reposição do máximo, em um capítulo à parte, primeiramente foi levantada uma investigação da robustez desse modelo a fim de torná-lo mais equiparável aos modelos de previsão. Apesar do modelo de reposição do máximo ter sido desenvolvido para demanda estável, é possível corrigir parte da variação da demanda do modelo clássico por meio do intervalo histórico de dados e da frequência de recalibração dos parâmetros.

Referida investigação para dados controlados é abordada no capítulo 4 a seguir, finalizando a questão com a avaliação dos resultados obtidos.

4 SIMULAÇÃO DO MODELO DE REPOSIÇÃO DO MÁXIMO

O modelo de reposição do máximo $\langle T, S \rangle$ possui dois parâmetros, o período T e o estoque máximo S . Conforme exposto anteriormente, os modelos de reposição do máximo foram concebidos para demanda estacionária, de modo que perdem desempenho quando a demanda apresenta tendência e sazonalidade. Ainda que não utilize previsões de demanda para colocação dos pedidos, o modelo necessita de estimativas da demanda e da variância para definição de seu parâmetro estoque máximo. Duas questões se colocam na estimativa da média e variância:

- i) o tamanho da série histórica considerado no cálculo da média e da variância;
- ii) o período de revisão das estimativas da média e da variância.

Tais estimativas devem ser revistas conforme novos dados históricos surgem. A motivação para a investigação da revisão é reforçada por um artigo de Babai *et al.* (2009). No artigo apresenta-se um modelo de controle de estoque dinâmico, ou seja, com revisão dos parâmetros a cada intervalo de tempo, baseado em previsões e compara-se o desempenho desse modelo com um tradicional. Os resultados mostraram similaridade dos níveis de serviço e superioridade em custos de estocagem com a redução dos estoques quando se utiliza o procedimento dinâmico, encorajando à revisão adequada dos parâmetros do modelo de reposição do máximo para obter melhorias de desempenho.

Para entender melhor o efeito destas duas variáveis do modelo, foram gerados cenários simulados de demanda com diferentes perfis de tendência, sazonalidade e aleatoriedade. Em cada cenário, foram testados alguns valores dos para o tamanho da série histórica e período de recalibração dos parâmetros a fim de realizar a investigação dos efeitos dessas duas variáveis.

A primeira etapa consiste em um planejamento do experimento necessário para realizar a investigação proposta. Para executar o experimento a metodologia utilizada é a simulação no software Microsoft Excel / VBA, utilizando dados controlados de acordo com os fatores e níveis estipulados no planejamento do experimento, mas ainda assim gerados aleatoriamente.

A simulação irá verificar para diferentes perfis de demanda qual o nível de serviço obtido variando os valores do período de recalibração e do intervalo histórico. Com isso visa-se obter uma tabela de recomendações da melhor combinação desses dois fatores para cada perfil de demanda.

As macro etapas dessa investigação são apresentadas na Figura 14. Cada uma das etapas será descrita em detalhes a seguir.

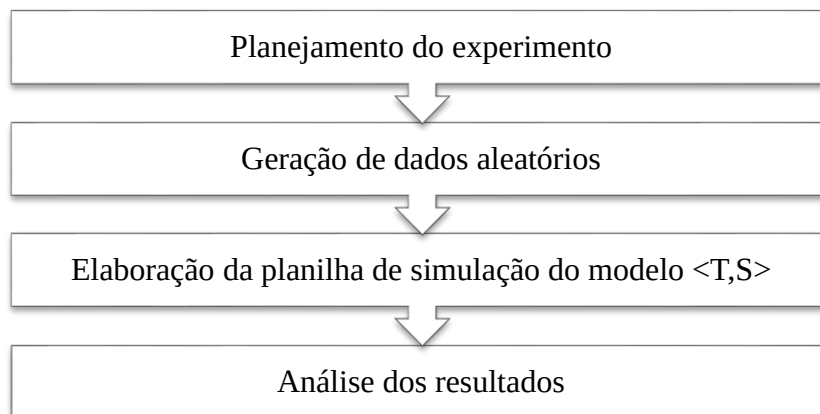


Figura 14 - Etapas da investigação do modelo de reposição do máximo

4.1 Planejamento do Experimento

Experimentos são realizados constantemente por pesquisadores para aumentar a compreensão sobre um determinado processo. Segundo Montgomery (2009) o experimento é definido como sendo um teste, ou série de testes, em que são feitas mudanças propositalmente em algumas características do processo, de modo a observar e identificar as razões das mudanças que puderam ser observadas em uma variável resposta que, de acordo com Mason *et al.* (2003), é simplesmente uma observação do experimento.

Segundo Fisher (1971), para que as análises sejam válidas é preciso atender três princípios básicos na experimentação: repetição, aleatorização e homogeneidade ou controle local.

Quanto à repetição dos experimentos, Montgomery (2009) e Mason *et al.* (2003) afirmam que a repetição é duas ou mais observações para determinada combinação específica de níveis dos fatores sob idênticas condições experimentais a fim de propiciar a estimativa do erro experimental.

A aleatorização consiste em atribuir a todos os tratamentos a mesma probabilidade de serem designados a qualquer unidade experimental, tendo por finalidade proporcionar uma estimativa válida para o erro experimental.

O ideal em um experimento é que todas as unidades experimentais sejam homogêneas, isto é, que não haja diferença sistemática entre elas. Devem ser tão iguais quanto possível em todas as características que possam afetar a resposta (MASON; GUNST; HESS, 2003). Quando isso não é possível utiliza-se o controle local por agrupamentos. No caso em questão, por meio das simulações é possível garantir a homogeneidade do experimento.

Conforme visto na revisão bibliográfica, existem diversos indicadores para avaliar os resultados do controle de estoques adotado e a avaliação do nível de serviço é um dos principais indicadores. Em função disso a principal variável resposta para o experimento será o *stock out*.

Toda a investigação gira em torno da periodicidade de revisão dos parâmetros e do intervalo histórico, de modo que estes são os principais fatores do experimento. Os outros fatores estão relacionados ao perfil da demanda o qual pode ser definido como a combinação de três fatores: tendência, sazonalidade e coeficiente de variação. Segue abaixo algumas considerações sobre o cálculo de cada um desses fatores:

- Tendência: taxa de crescimento anual da demanda;
- Sazonalidade: a intensidade da sazonalidade é calculada como porcentagem da demanda média inicial;
- Coeficiente de variação (CV): é o desvio padrão em relação à demanda média;
- Intervalo histórico utilizado: base histórica utilizada para calcular os parâmetros.
- Tempo para recalibração: periodicidade com que os parâmetros do modelo <T,S> deverão ser recalculados;

O grande interesse do experimento está na sensibilidade da variável resposta para os fatores selecionados. Por isso, optou-se por atribuir quatro níveis para cada fator a fim de realizar a devida investigação da resposta. A Tabela 10 a seguir apresenta os níveis considerados para cada fator.

Tabela 10 - Fatores e níveis do experimento

	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Tendência	0% a.a.	10% a.a.	20% a.a.	50% a.a.
Sazonalidade	0%	10%	20%	50%
CV da demanda	2,5%	5%	10%	20%
Recalibração	1 mês	3 meses	6 meses	12 meses
Histórico	6 meses	12 meses	24 meses	36 meses

O experimento realizou-se por meio de simulações geradas no software Microsoft Excel / VBA, de forma que os experimentos foram feitos sob condições homogêneas, dados controlados e gerados aleatoriamente, baixo custo para realização dos testes e rápida captura dos dados.

Para a simulação definiu-se ainda qual seria o período de simulação, considerando um intervalo mínimo para os testes, estabelecendo o período de 5 anos como plausível para a simulação.

Dessa forma, sem as dificuldades para realizar as simulações, foi definido que o experimento será um fatorial 4^5 completo com 10 repetições, totalizando 10.240 casos.

4.2 Geração de Dados Aleatórios

A geração de dados aleatórios é realizada no software Microsoft Excel / VBA. Para tanto algumas hipóteses foram adotadas:

- Demanda média semanal é de 1000 unidades;
- 1 ano equivale a 52 semanas;
- Tendência assume crescimento linear da média;
- A intensidade da sazonalidade é % da demanda média inicial;
- Coeficiente de variação constante;

As fórmulas utilizadas foram:

- Componente da sazonalidade:

$$S_t = D_{m.i} * F_s * \sin\left(\frac{2 * \pi * t}{52}\right)$$

O fator sazonalidade foi adotado como uma porcentagem da demanda média inicial e foi considerado que a sazonalidade completa um ciclo dentro de um ano (52 semanas).

- Componente da tendência:

$$T_t = t * \frac{F_t}{52} * D_{m.i},$$

O fator tendência anual é convertido em uma taxa semanal a qual será aplicada sobre a demanda média. Deve ainda ser multiplicada pelo período dada a hipótese de crescimento linear ao longo do tempo.

- Desvio padrão:

$$DP_t = (D_{m.i} + T_t) * F_{cv},$$

O desvio padrão é calculado sobre a demanda isenta de sua sazonalidade multiplicando-a pelo coeficiente de variação.

- Demanda gerada:

$$D_t = D_{m.i} + T_t + S_t,$$

Consiste na composição da demanda gerada em seus três fatores: nível da demanda média, tendência e sazonalidade.

onde,

$D_{m.i}$ = demanda média inicial

S_t = componente da sazonalidade

t = período

T_t = componente da tendência

F_s = fator sazonalidade

DP_t = desvio padrão do período t

F_t = fator tendência

D_t = demanda média do período

F_{cv} = fator coeficiente de variação

Para garantir a distribuição cumulativa normal, utiliza-se a fórmula:

INV.NORM(probabilidade;média;desvio_padrão),

com os seguintes parâmetros de entrada: INV.NORM (ALEATORIO(); D_t ; DP_t).

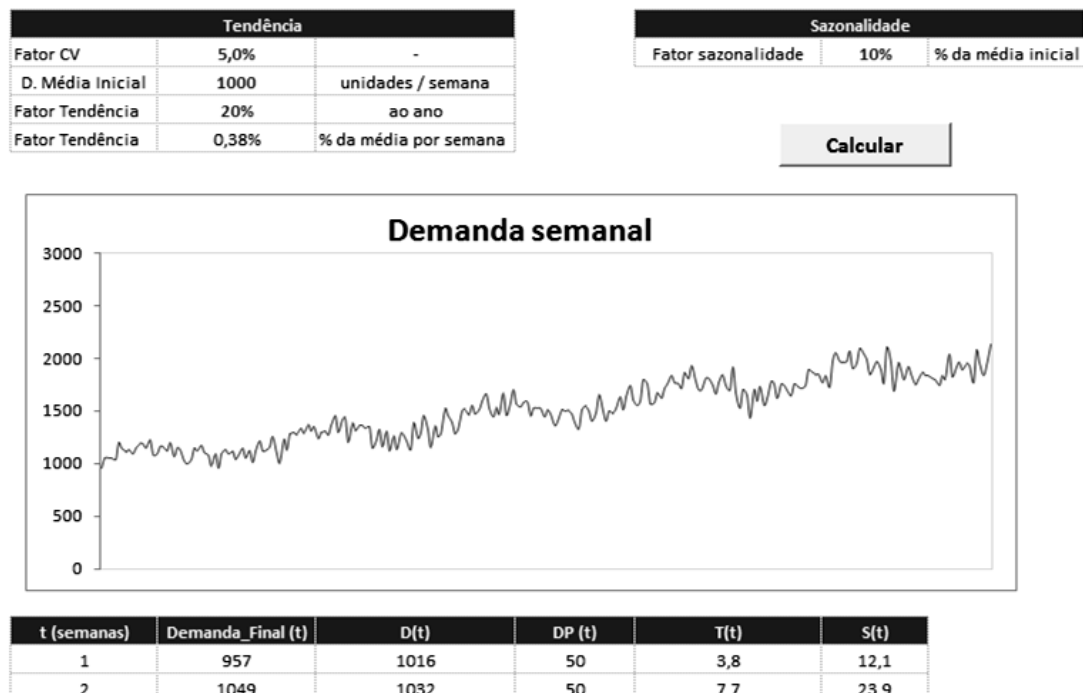


Figura 15 - Ilustração da geração de demanda aleatória

O Anexo A1 apresenta o código em linguagem VBA para a geração de demanda.

4.3 Planilha de Simulação do Modelo

4.3.1 Hipóteses Adotadas

Para a elaboração da planilha de simulação algumas hipóteses foram adotadas:

- Estoque inicial de 1000 unidades;
- *Lead time* do pedido constante e fixo em 2 semanas;
- O coeficiente z representa o nível de cobertura que se deseja em uma variável de distribuição normal. Para uma cobertura de 95% o valor de z consultando a tabela da distribuição normal é 1,64;
- Todos os pedidos são realizados ao final do período t e só estão disponíveis para venda em t+3;

- Se o estoque físico em t não é capaz de suprir a demanda do período, a diferença em unidades é considerada venda perdida e não poderá ser suprida posteriormente quando houver disponibilidade de produtos.

4.3.2 Separação da Série em Dois Conjuntos

Conforme descrito no planejamento do experimento, a simulação trabalha com dados de 5 anos os quais equivalem a 260 semanas. Essa série é dividida em dois conjuntos: período de inicialização e período de simulação.

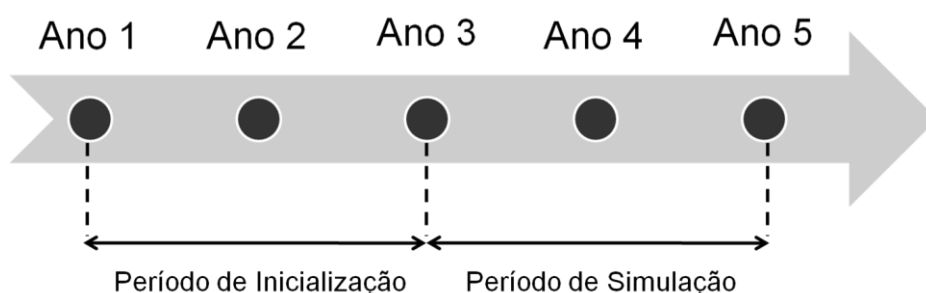


Figura 16 - Definição do período de inicialização e de simulação

O período de inicialização consiste no intervalo utilizado para o primeiro cálculo dos parâmetros. No caso do experimento foi fixado o valor de 3 anos (36 meses), pois este é o maior valor dos níveis do fator histórico que serão simulados. Ainda que o valor do fator histórico seja diferente de 36 meses, todas as simulações operam com o mesmo período de simulação para permitir uma comparação mais igualitária entre elas. Por exemplo, se o fator histórico a ser testado é de 6 meses, os parâmetros serão calculados utilizando os 6 meses que imediatamente antecedem o início do ano 3.

É importante esclarecer que o período de inicialização é variável, atingindo um valor máximo de 36 meses, mas, em contrapartida, o período de simulação é fixo em 24 meses para todas as simulações.

4.3.3 Determinação dos Parâmetros

O modelo de revisão periódica exige o cálculo de 2 parâmetros: período de revisão "T" e o estoque máximo "S".

O cálculo do período de revisão "T" varia com o lote econômico de compra e com a taxa de demanda, mas normalmente este valor é fixado pelas organizações de acordo com a disponibilidade de seus funcionários para tal finalidade. Para a simulação o valor do parâmetro será fixado em 1 mês (4 semanas).

Já o estoque máximo é obtido pela fórmula:

$$S = d. (L + T) + ES$$

$$ES = z. \sigma_d. \sqrt{L + T}$$

Além de ser determinado utilizando o período de inicialização, é de interesse do trabalho investigar o reajuste desse parâmetro ao longo do tempo a diferentes intervalos, sendo necessários os cálculos da média e do desvio padrão da demanda semanal. A Figura 17 esquematiza o processo:

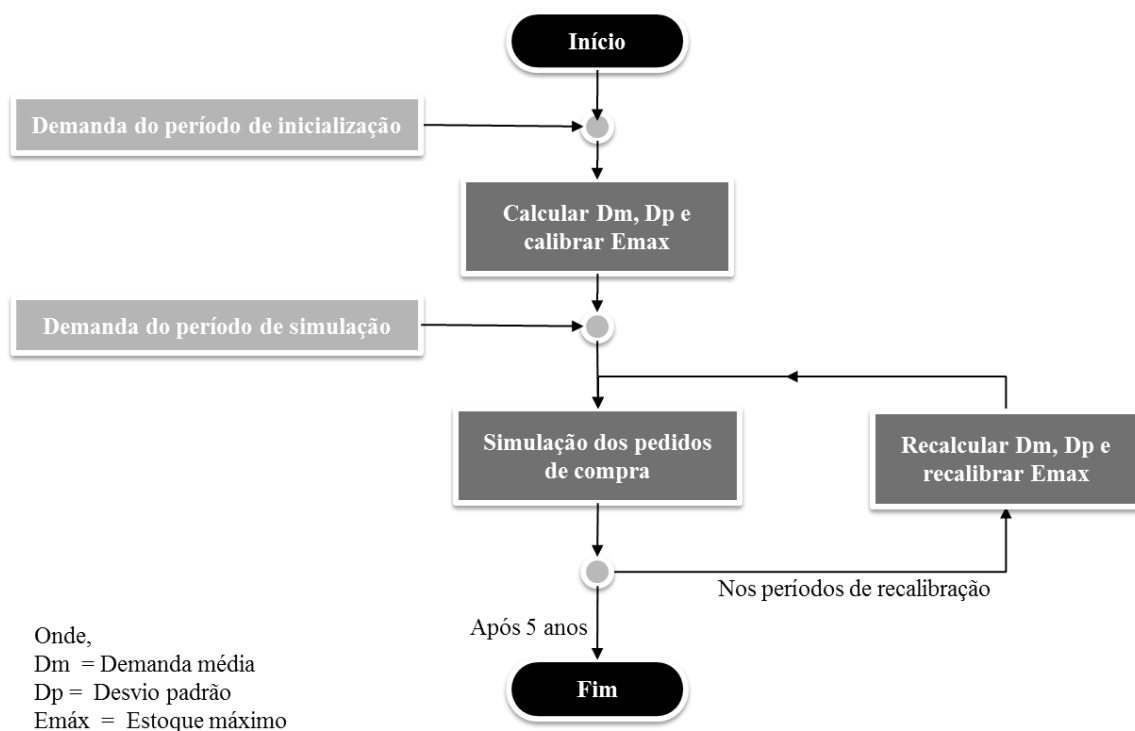


Figura 17- Processo de cálculo do parâmetro Estoque Máximo

O estoque máximo "S" é determinado da seguinte maneira ao longo da simulação:

- 1- Cálculo da demanda média semanal no período de inicialização;
- 2 - Cálculo do desvio-padrão semanal no período de inicialização;

- 3 - Calibração do parâmetro estoque máximo;
- 4 - Simulação dos pedidos de compra utilizando os dados trabalhados gerados aleatoriamente até o período de recalibração dos parâmetros;
- 5 - Recálculo da demanda média com o intervalo histórico mais atualizado;
- 6 - Recálculo do desvio-padrão com o intervalo histórico mais atualizado;
- 7 - Recalibração do estoque máximo;
- 8 - Repetição dos itens 4, 5, 6 e 7 até terminar o intervalo de 5 anos da simulação.

Para fazer a revisão dos parâmetros, constrói-se uma tabela de acordo com o período de recalibração determinado e refazem-se os cálculos dos parâmetros. A Figura 18 ilustra um exemplo para recalibração a cada 26 semanas.

Revisão dos parâmetros				
Flag Revisão Parâmetros	D. média s.	σ demanda n	Período de Revisão	Estoque Máximo
156 semanas	1253	128	4 semanas	8032
169 semanas	1288	149	4 semanas	8327
182 semanas	1309	168	4 semanas	8529
195 semanas	1323	156	4 semanas	8563
208 semanas	1335	147	4 semanas	8605
221 semanas	1360	170	4 semanas	8847
234 semanas	1381	184	4 semanas	9029
247 semanas	1414	161	4 semanas	9131

Figura 18 - Exemplo da tabela auxiliar de revisão parâmetros

Para não tornar o trabalho repetitivo, o detalhamento da construção do modelo encontra-se no próximo capítulo junto ao modelo baseado em previsão. O foco deste capítulo reside na investigação e não na aplicação do modelo em si. A Figura 19 a seguir ilustra a simulação dos pedidos ao longo dos períodos t . Ressalta-se em vermelho a hipótese de que as ordens de compra (OC) são realizadas no fim dos períodos e para o *lead time* de dois períodos completos, o recebimento só ocorre no início do terceiro período. Outra hipótese definida anteriormente e destacada em verde é a perda da diferenciada venda em caso de falta de produto no estoque físico.

t	Recebimento (início de t)	Est. Físico (início de t)	Demanda (em t)	Venda (em t)	Est. Físico (fim de t)	Posição Est. (antes OC)	OC (fim de t)	Posição Est. (depois OC)	Cobertura
157	0	1000	1328	1000	0	0	0	0	0,0
158	0	0	1298	0	0	0	0	0	0,0
159	0	0	1354	0	0	0	0	0	0,0
160	0	0	1340	0	0	0	7481	7481	0,0
161	0	0	1469	0	0	7481	0	7481	0,0
162	0	0	1412	0	0	7481	0	7481	0,0
163	7481	7481	1440	1440	6041	6041	0	6041	4,6
164	0	6041	1500	1500	4541	4541	3379	7920	3,4
165	0	4541	1503	1503	3038	6417	0	6417	2,3
166	0	3038	1541	1541	1497	4876	0	4876	1,1
167	3379	4876	1478	1478	3398	3398	0	3398	2,4
168	0	3398	1502	1502	1896	1896	6568	8464	1,3
169	0	1896	1567	1567	329	6897	0	6897	0,2
170	0	329	1478	329	0	6568	0	6568	0,0
171	6568	6568	1464	1464	5104	5104	0	5104	3,5
172	0	5104	1508	1508	3596	3596	5280	8876	2,5

Figura 19 - Ilustração da tabela de simulação de pedidos

No Anexo A2 encontra-se o código em linguagem VBA para a simulação da recalibração dos parâmetros.

4.4 Análise dos Resultados

O resultado do experimento foi uma tabela com 1.024 cenários diferentes replicados dez vezes, totalizando 10.240 amostras. A investigação verifica a robustez do modelo por meio de uma análise de sensibilidade do nível dos fatores em relação à variável de resposta definida, o *stock out*. A Figura 20 ilustra trecho da tabela com o resultado das simulações.

Resultado das simulações								
Id	Run order	Replicate	Tendência	Sazonalidade	CV demanda	Recalibração	Histórico	Stock Out
250	1	1	0%	50%	20,0%	26	52	5%
7787	2	8	20%	10%	10,0%	26	104	8%
4996	3	5	50%	20%	2,5%	4	156	11%
5246	4	6	0%	10%	20,0%	52	52	3%
3202	5	4	0%	20%	2,5%	4	52	4%
2335	6	3	10%	0%	5,0%	52	104	11%

Figura 20 - Trecho da tabela com os resultados das simulações

Utilizou-se o recurso "Tabela Dinâmica" do Microsoft Excel para a tabulação dos resultados. Nas linhas estão os níveis dos fatores tendência, sazonalidade e CV demanda, nessa ordem, e

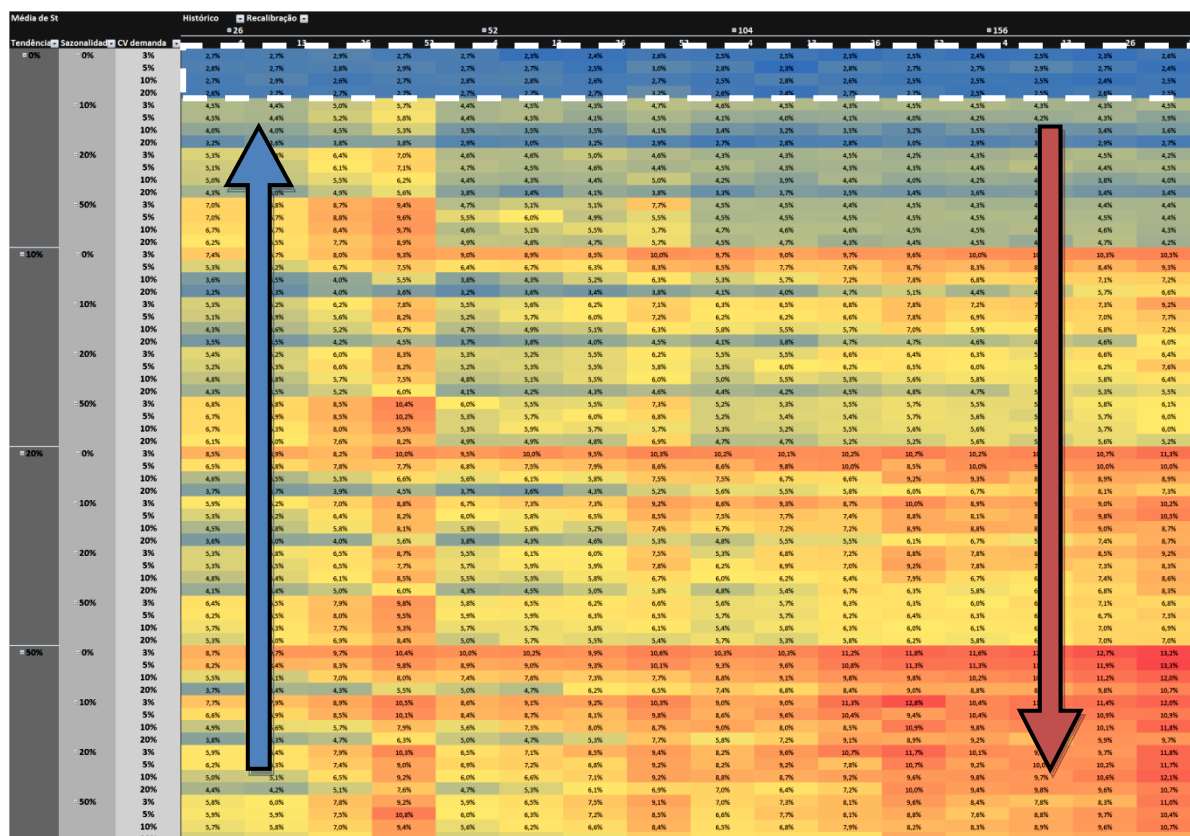
nas colunas os níveis do intervalo histórico e da recalibração respectivamente. A Tabela 11, mostra apenas a visão geral do resultado de todas as simulações testadas, a tabela completa e legível se encontra a no Anexo B. Utiliza-se a seguinte escala de cores:

Valor mais
baixo: 2,3%



Valor mais
alto: 13,3%

Tabela 11 - Tabela dinâmica geral dos resultados



O modelo de reposição do máximo foi desenvolvido para uma demanda estável e a simulação apresentou os valores mais baixos de *stock out* na primeira faixa de casos, em que tanto tendência quanto sazonalidade são nulos - destacados em pontilhado branco na Tabela 11. Mas, conforme já esperado, os valores de *stock out* aumentam com o aumento dos fatores. Então, numa visão geral, as setas representadas na Tabela 11 indicam que quanto maiores as variações dos três fatores, mais altos ficam os valores de *stock out*. A seguir são realizadas análises detalhadas dos fatores.

Primeiramente analisou-se os fatores que determinam o perfil de demanda isoladamente em relação aos fatores de histórico e recalibração. Para facilitar a visualização dos resultados no trabalho, as linhas e colunas da tabela dinâmica foram invertidas.

Para avaliar o CV a tendência foi mantida em 0% e a sazonalidade em 0%. Na Tabela 12 fica evidente que o fator quase não apresenta influência sobre a variável resposta de *stock out*.

Tabela 12 - Fator CV demanda

Média de St		Tendência ☐ Sazonalidade ☐ CV demanda ☐			
		= 0%			
		= 0%			
Histórico ☐	Recalibração ☐	3%	5%	10%	20%
= 26	4	2,7%	2,8%	2,7%	2,6%
	13	2,7%	2,7%	2,9%	2,7%
	26	2,9%	2,8%	2,6%	2,7%
	52	2,7%	2,9%	2,7%	2,7%
= 52	4	2,7%	2,7%	2,8%	2,7%
	13	2,3%	2,7%	2,8%	2,7%
	26	2,4%	2,5%	2,6%	2,7%
	52	2,6%	3,0%	2,7%	3,2%
= 104	4	2,5%	2,8%	2,5%	2,6%
	13	2,5%	2,3%	2,8%	2,4%
	26	2,3%	2,8%	2,6%	2,7%
	52	2,5%	2,7%	2,5%	2,7%
= 156	4	2,4%	2,7%	2,5%	2,5%
	13	2,5%	2,9%	2,5%	2,5%
	26	2,3%	2,7%	2,4%	2,6%
	52	2,6%	2,4%	2,5%	2,5%

Para avaliar a sazonalidade, a tendência foi mantida em 0% e o CV em 2,5%. Na Tabela 13 observa-se que os resultados ficam melhores com recalibração mais frequente, mas com históricos maiores, primordialmente cobrindo o ciclo sazonal (52 semanas no caso). Aqui o fator histórico influencia mais do que a recalibração.

Tabela 13 - Fator sazonalidade

Média de St		Tendência Sazonalidade CV demanda			
		= 0%			
		= 0%	= 10%	= 20%	= 50%
Histórico	Recalibração	3%	3%	3%	3%
= 26	4	2,7%	4,5%	5,3%	7,0%
	13	2,7%	4,4%	5,4%	6,8%
	26	2,9%	5,0%	6,4%	8,7%
	52	2,7%	5,7%	7,0%	9,4%
= 52	4	2,7%	4,4%	4,6%	4,7%
	13	2,3%	4,5%	4,6%	5,1%
	26	2,4%	4,3%	5,0%	5,1%
	52	2,6%	4,7%	4,6%	7,7%
= 104	4	2,5%	4,6%	4,3%	4,5%
	13	2,5%	4,5%	4,3%	4,5%
	26	2,3%	4,3%	4,5%	4,4%
	52	2,5%	4,5%	4,2%	4,5%
= 156	4	2,4%	4,5%	4,3%	4,3%
	13	2,5%	4,3%	4,4%	4,3%
	26	2,3%	4,3%	4,5%	4,4%
	52	2,6%	4,5%	4,2%	4,4%

Fixando a sazonalidade em 0% e o CV em 2,5% é possível avaliar a tendência. Quanto maior a taxa da tendência, mais sensível o modelo fica quanto ao histórico e quanto à recalibração. Quanto mais se usar dados recentes, ou seja, menor recalibração e histórico, melhores serão os resultados para produtos com forte tendência.

Tabela 14 - Fator tendência

Média de St		Tendência	Sazonalidade	CV demanda	
		0%	10%	20%	50%
		0%	0%	0%	0%
Histórico	Recalibração	3%	3%	3%	3%
26	4	2,7%	7,4%	8,5%	8,7%
	13	2,7%	6,7%	8,9%	9,7%
	26	2,9%	8,0%	8,2%	9,7%
	52	2,7%	9,3%	10,0%	10,4%
52	4	2,7%	9,0%	9,5%	10,0%
	13	2,3%	8,9%	10,0%	10,2%
	26	2,4%	8,5%	9,5%	9,9%
	52	2,6%	10,0%	10,3%	10,6%
104	4	2,5%	9,7%	10,2%	10,3%
	13	2,5%	9,0%	10,1%	10,3%
	26	2,3%	9,7%	10,2%	11,2%
	52	2,5%	9,6%	10,7%	11,8%
156	4	2,4%	10,0%	10,2%	11,6%
	13	2,5%	10,2%	10,5%	12,0%
	26	2,3%	10,3%	10,7%	12,7%
	52	2,6%	10,5%	11,3%	13,2%

Em seguida é necessário avaliar a interação entre os fatores do perfil de demanda. A primeira interação avaliada é a da tendência com a sazonalidade. Fixando o CV em 2,5%, pela Tabela 15 é possível verificar que quando o nível de tendência é maior ou igual ao nível da sazonalidade (destacados em preto) prevalecem as recomendações do fator tendência - menores recalibração e histórico. Mas quando o nível de sazonalidade é maior do que a tendência (em vermelho), a recomendação é: históricos maiores e próximos ao ciclo sazonal.

Tabela 15 - Interação entre tendência e sazonalidade

Média de		Tendên	Sazonal	CV dem						
		10%	20%	50%	10%	20%	50%	10%	20%	50%
Históri	Recalibra	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
26	4	5,3%	5,4%	6,8%	5,9%	5,3%	6,4%	7,7%	5,9%	5,8%
	13	5,2%	5,2%	6,8%	6,2%	5,8%	6,5%	7,9%	6,4%	6,0%
	26	6,2%	6,0%	8,5%	7,0%	6,5%	7,9%	8,9%	7,9%	7,8%
	52	7,8%	8,3%	10,4%	8,8%	8,7%	9,8%	10,5%	10,3%	9,2%
52	4	5,5%	5,3%	6,0%	6,7%	5,5%	5,8%	8,6%	6,5%	5,9%
	13	5,6%	5,2%	5,5%	7,3%	6,1%	6,5%	9,1%	7,1%	6,5%
	26	6,2%	5,5%	5,5%	7,3%	6,0%	6,2%	9,2%	8,5%	7,5%
	52	7,1%	6,2%	7,3%	9,2%	7,5%	6,6%	10,3%	9,4%	9,1%
104	4	6,3%	5,5%	5,2%	8,6%	5,3%	5,6%	9,0%	8,2%	7,0%
	13	6,5%	5,5%	5,3%	9,3%	6,8%	5,7%	9,0%	9,6%	7,3%
	26	6,8%	6,6%	5,5%	8,7%	7,2%	6,3%	11,3%	10,7%	8,1%
	52	7,8%	6,4%	5,7%	10,0%	8,8%	6,3%	12,8%	11,7%	9,6%
156	4	7,2%	6,3%	5,5%	8,9%	7,8%	6,0%	10,4%	10,1%	8,4%
	13	7,5%	5,7%	5,5%	9,1%	8,2%	6,7%	11,2%	9,9%	7,8%
	26	7,3%	6,6%	5,8%	9,0%	8,5%	7,1%	11,4%	9,7%	8,3%
	52	9,2%	6,4%	6,1%	10,2%	9,2%	6,8%	12,0%	11,8%	11,0%

A segunda interação avaliada é a da tendência com o CV, nota-se na Tabela 16 que prevalecem as recomendações do fator tendência - menores recalibração e histórico- e que o resultados melhoram com o CV mais elevado.

Tabela 16 - Interação tendência e CV

Média de		Tend. Sazon. CV de											
Histórico	Recalibração	= 10%				= 20%				= 50%			
		= 0%				= 0%				= 0%			
		3%	5%	10%	20%	3%	5%	10%	20%	3%	5%	10%	20%
= 26	4	7,4%	5,3%	3,6%	3,2%	8,5%	6,5%	4,6%	3,7%	8,7%	8,2%	5,5%	3,7%
	13	6,7%	5,2%	3,5%	3,3%	8,9%	6,8%	4,5%	3,7%	9,7%	8,4%	5,1%	4,4%
	26	8,0%	6,7%	4,0%	4,0%	8,2%	7,8%	5,3%	3,9%	9,7%	8,3%	7,0%	4,3%
	52	9,3%	7,5%	5,5%	3,6%	10,0%	7,7%	6,6%	4,5%	10,4%	9,8%	8,0%	5,5%
= 52	4	9,0%	6,4%	3,8%	3,2%	9,5%	6,8%	5,6%	3,7%	10,0%	8,9%	7,4%	5,0%
	13	8,9%	6,7%	4,3%	3,6%	10,0%	7,5%	6,1%	3,6%	10,2%	9,0%	7,8%	4,7%
	26	8,5%	6,3%	5,2%	3,4%	9,5%	7,9%	5,8%	4,3%	9,9%	9,3%	7,3%	6,2%
	52	10,0%	8,3%	6,3%	3,8%	10,3%	8,6%	7,5%	5,2%	10,6%	10,1%	7,7%	6,5%
= 104	4	9,7%	8,5%	5,3%	4,1%	10,2%	8,6%	7,5%	5,6%	10,3%	9,3%	8,8%	7,4%
	13	9,0%	7,7%	5,7%	4,0%	10,1%	9,8%	6,7%	5,5%	10,3%	9,6%	9,1%	6,8%
	26	9,7%	7,6%	7,2%	4,7%	10,2%	10,0%	6,6%	5,8%	11,2%	10,8%	9,8%	8,4%
	52	9,6%	8,7%	7,8%	5,1%	10,7%	8,5%	9,2%	6,0%	11,8%	11,3%	9,8%	9,0%
= 156	4	10,0%	8,3%	6,8%	4,4%	10,2%	10,0%	9,3%	6,7%	11,6%	11,3%	10,2%	8,8%
	13	10,2%	8,9%	7,0%	4,9%	10,5%	9,9%	8,0%	7,2%	12,0%	11,3%	10,5%	8,8%
	26	10,3%	8,4%	7,1%	5,7%	10,7%	10,0%	8,9%	8,1%	12,7%	11,9%	11,2%	9,8%
	52	10,5%	9,3%	7,2%	6,6%	11,3%	10,0%	8,9%	7,3%	13,2%	13,3%	12,0%	10,7%

A terceira interação avaliada é a da sazonalidade com o CV (vide Tabela 17). O resultado é análogo ao visto na interação entre tendência e CV, prevalecem as recomendações do fator sazonalidade - menor recalibração e histórico mais próximo ao ciclo - e que o resultados melhoram com o CV mais elevado.

Tabela 17 - Interação sazonalidade e CV

Média de		Tend. Sazon. CV de											
Histórico	Recalibração	= 0%											
		= 10%				= 20%				= 50%			
		3%	5%	10%	20%	3%	5%	10%	20%	3%	5%	10%	20%
= 26	4	4,5%	4,5%	4,0%	3,2%	5,3%	5,1%	5,0%	4,3%	7,0%	7,0%	6,7%	6,2%
	13	4,4%	4,4%	4,0%	3,6%	5,4%	5,0%	4,9%	4,0%	6,8%	6,7%	6,7%	6,5%
	26	5,0%	5,2%	4,5%	3,8%	6,4%	6,1%	5,5%	4,9%	8,7%	8,8%	8,4%	7,7%
	52	5,7%	5,8%	5,3%	3,8%	7,0%	7,1%	6,2%	5,6%	9,4%	9,6%	9,7%	8,9%
= 52	4	4,4%	4,4%	3,5%	2,9%	4,6%	4,7%	4,4%	3,8%	4,7%	5,5%	4,6%	4,9%
	13	4,5%	4,5%	3,5%	3,0%	4,6%	4,5%	4,3%	3,4%	5,1%	6,0%	5,1%	4,8%
	26	4,3%	4,1%	3,5%	3,2%	5,0%	4,6%	4,4%	4,1%	5,1%	4,9%	5,5%	4,7%
	52	4,7%	4,5%	4,1%	2,9%	4,6%	4,4%	5,0%	3,8%	7,7%	5,5%	5,7%	5,7%
= 104	4	4,6%	4,1%	3,4%	2,7%	4,3%	4,5%	4,2%	3,3%	4,5%	4,5%	4,7%	4,5%
	13	4,5%	4,0%	3,2%	2,8%	4,3%	4,3%	3,9%	3,7%	4,5%	4,5%	4,6%	4,7%
	26	4,3%	4,1%	3,5%	2,8%	4,5%	4,3%	4,4%	3,5%	4,4%	4,5%	4,6%	4,3%
	52	4,5%	4,0%	3,2%	3,0%	4,2%	4,3%	4,0%	3,4%	4,5%	4,5%	4,5%	4,4%
= 156	4	4,5%	4,2%	3,5%	2,9%	4,3%	4,4%	4,2%	3,6%	4,3%	4,5%	4,5%	4,5%
	13	4,3%	4,2%	3,4%	3,0%	4,4%	4,7%	4,0%	3,7%	4,3%	4,5%	4,6%	4,1%
	26	4,3%	4,3%	3,4%	2,9%	4,5%	4,4%	3,8%	3,4%	4,4%	4,5%	4,6%	4,7%
	52	4,5%	3,9%	3,6%	2,7%	4,2%	4,5%	4,0%	3,4%	4,4%	4,4%	4,3%	4,2%

Quanto à comparação entre os fatores históricos e recalibração, o primeiro será tratado como mais significativo. Isso se deve ao fato de que efetuar as recalibrações dos parâmetros é um processo simples e rápido dada a capacidade de processamento dos computadores atuais, o que, por sua vez, torna completamente viável a recalibração constante do modelo sem causar impactos expressivos para a empresa.

A Figura 21 apresenta um quadro resumo das análises e recomendações feitas sobre a robustez do modelo de reposição do máximo conforme dados da simulação. Em relação à variável resposta *stock out*, o nível da tendência é mais significativo do que o da sazonalidade, que por sua vez, é mais significativo do que o do CV da demanda.

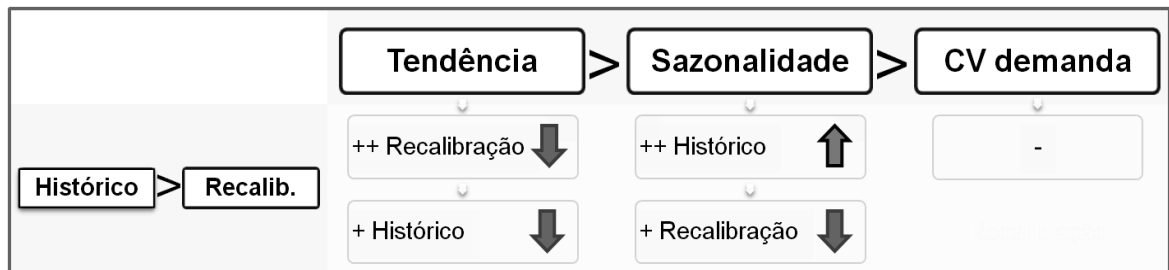


Figura 21 - Resumo das análises da simulação

5 APLICAÇÃO DOS MODELOS NA IMPORTAÇÃO

No capítulo 5 serão desenvolvidos e testados os dois modelos de revisão periódica, a fim de cumprir o objetivo deste trabalho de formatura que é propor um modelo de reposição de estoque para a empresa LED Company. Ressalta-se que o modelo de reposição do máximo seguirá as recomendações de recalibração levantadas no capítulo anterior para, então, ter seus resultados comparados ao do modelo baseado em previsão.

As macro etapas da aplicação são apresentadas na Figura 22. Cada uma das etapas será descrita em detalhes a seguir.

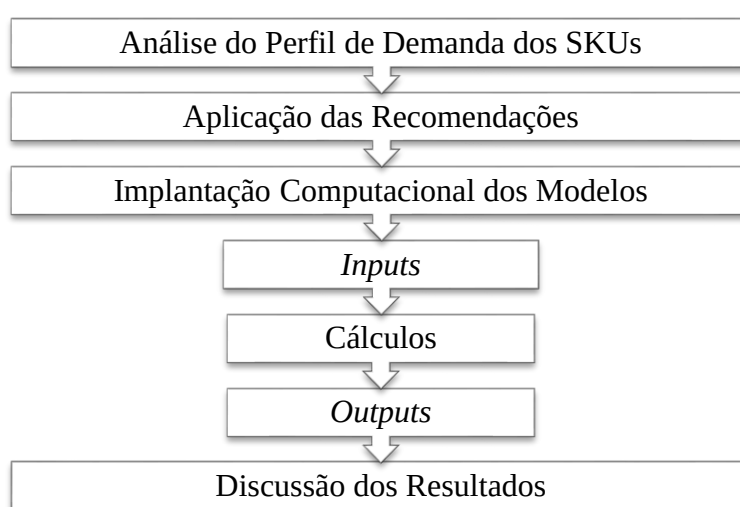


Figura 22 - Etapas do aplicação dos modelos

5.1 Análise do Perfil da Demanda dos SKUs

Para se conhecer a demanda com maior profundidade, faz-se uma análise da série histórica dos dados, buscando identificar um padrão estacionário, tendência e/ou sazonalidade.

Em uma investigação preliminar dos dados foram calculadas a média, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), taxa de tendência anual de cada SKU, conforme Figura 23.

	26-M	50-M	27-M	36-A	2-M	3-K	8-K	9-A	11-K
Média	103	29	80	52	892	692	370	324	279
Desvio Pad.	64	21	79	44	815	528	288	292	241
CV	62%	71%	98%	84%	91%	76%	78%	90%	86%
Tend. Anual	54%	12%	-31%	5%	846%	264%	173%	262%	262%

Figura 23 - Trecho da investigação preliminar dos SKUs

Nota-se que o coeficiente de variação dos SKUs é muito elevado, o que significa que o conjunto de dados é pouco homogêneo. A contagem dos SKUs por faixa de porcentagens do Gráfico 3 mostra que a grande maioria deles apresentam dispersão acima de 75%.

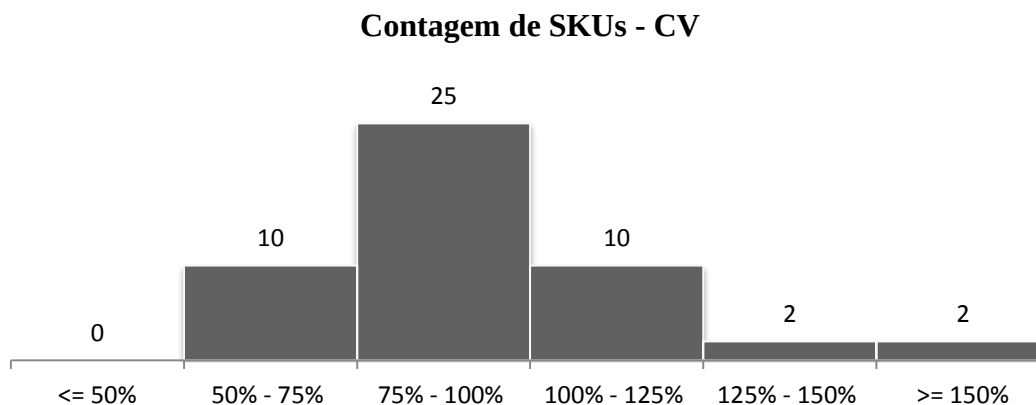


Gráfico 3 - Contagem de SKUs de acordo com faixas de CV

As taxas de tendência também estão muito elevadas. Em análise análoga ao do CV, o Gráfico 4 aponta taxas de tendência acima de 100% para muitos SKUs.

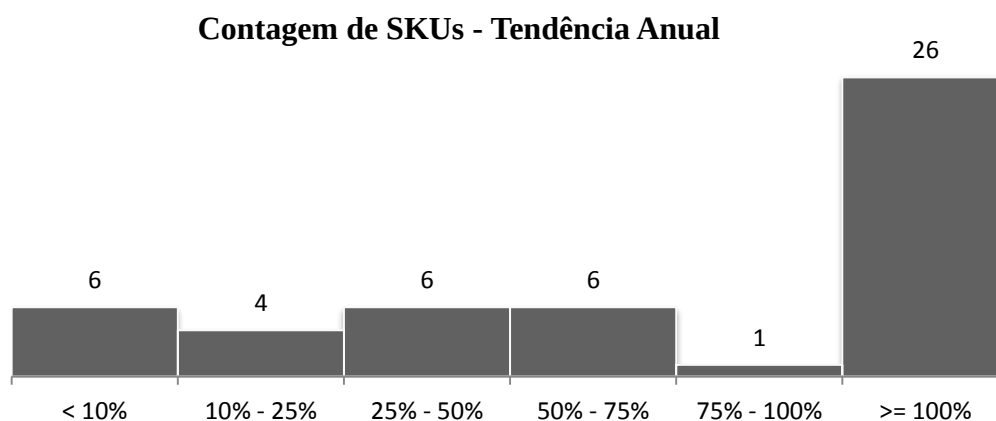


Gráfico 4 - Contagem de SKUs de acordo com faixas de tendência anual

Quanto à sazonalidade, conforme visto anteriormente, poucos SKUs apresentam uma base histórica maior do que 2 anos, a maioria não apresenta dados suficientes para determinar alguns efeitos como o da sazonalidade.

Segundo Armstrong (2001), os ajustes sazonais só devem ser realizados quando se tem evidências confiáveis de que existe sazonalidade. Não é apropriado justificar variações aleatórias com uma possível sazonalidade e, vez que não há dados históricos de vários anos para comprovar a frequência dos picos sazonais, não é adequado estabelecer índices de sazonalidade para os produtos da LED Company.

Visando investigar o padrão dos produtos, aplicou-se o método da decomposição do software Minitab® v.16 para os itens com histórico maior ou igual a 3 anos. Um dos casos, o do SKU de código 26-M, está representado no Gráfico 5 e no Gráfico 6 a seguir.

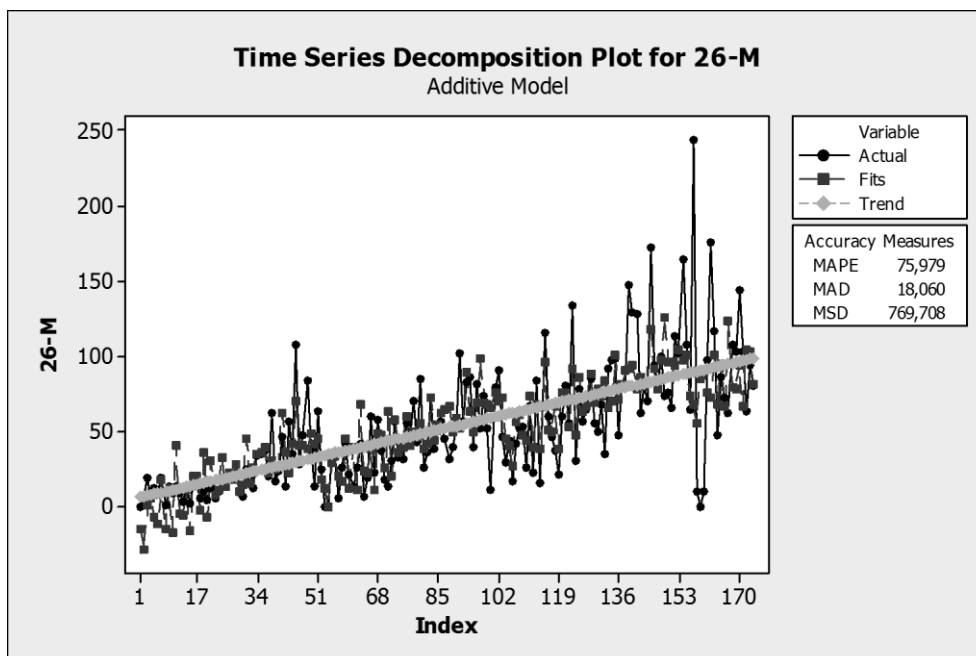


Gráfico 5 - Série histórica do SKU 50-M

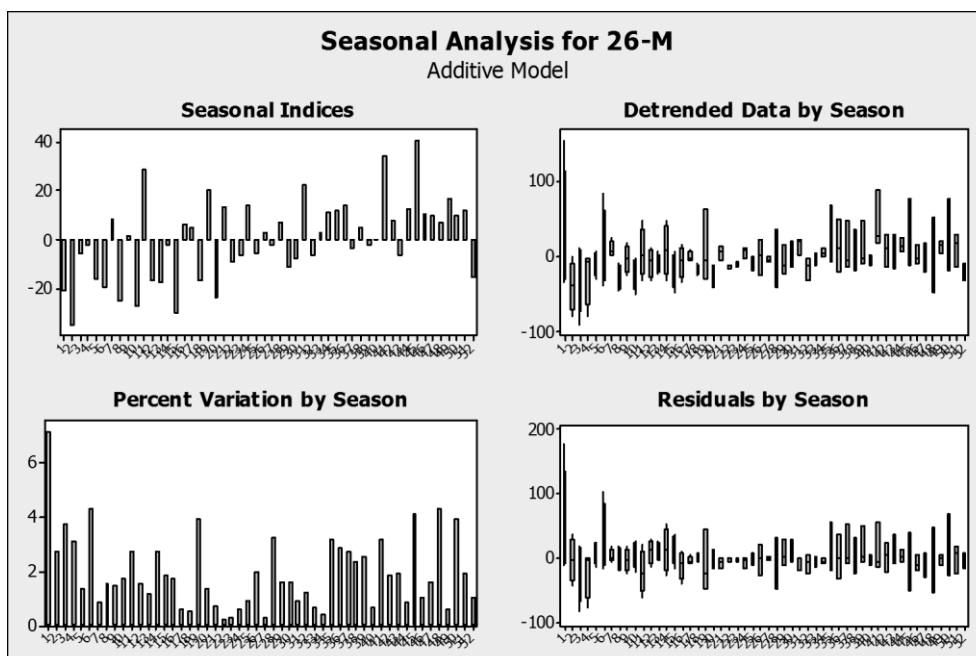


Gráfico 6 - Análise da sazonalidade do SKU 50-M

Por esses gráficos é possível suspeitar de uma sazonalidade, em que o primeiro semestre do ano apresenta demandas mais baixas do que as do segundo semestre. Uma possível explicação

seria o aumento da demanda próximo às épocas festivas de fim de ano em que o consumo de produtos luminosos aumenta para fins de decoração. Contudo, reitera-se que é uma suspeita e que sem maiores dados históricos é difícil afirmar que este efeito exista e mais complicado ainda é determinar com relativa exatidão os coeficientes da sazonalidade.

Em resumo, o perfil de demanda dos SKUs da LED Company pode ser caracterizado por forte dispersão, forte tendência e sem sazonalidade.

5.2 Aplicação das Recomendações

Conforme visto anteriormente, a demanda dos produtos da LED Company de modo geral apresenta forte dispersão com coeficiente de variação entre 75% e 100%, uma tendência crescente muito elevada expressada em taxas que se situam acima de 100% e uma possível sazonalidade entre os semestres do ano, porém sem evidências suficientes que a comprove ou mensure adequadamente.

Cruzando esse contexto com o quadro resumo das análises e recomendações obtido com o experimento do capítulo 4 é possível tirar algumas conclusões. Sendo a tendência a componente mais significativa do perfil de demanda, quanto mais elevadas forem as taxas (como é o caso da LED Company) menores deverão ser os tempos de recalibração e o histórico de dados utilizados a fim de manter os parâmetros atualizados com os dados mais recentes.

Caso a sazonalidade fosse algo comprovado e de valor tão elevado quanto a tendência, a recomendação seria de manter um histórico condizente com o ciclo sazonal, mas como não é calculável, prevalecem as recomendações da forte tendência.

Em função desse quadro, recomenda-se que os parâmetros sejam recalibrados todas as vezes que forem feitas revisões do controle de estoque para efetuar ordens de compra, ou seja, semanalmente, e que o histórico utilizado para a recalibração seja de um período recente como o último trimestre.

5.3 Implantação Computacional dos Modelos

A implantação computacional dos modelos está estruturada em uma planilha do Microsoft Excel, as informações foram organizadas em seis planilhas, uma de *inputs*, quatro de cálculos e uma de *outputs*. A Figura 24 ilustra a organização que será detalhada a seguir.

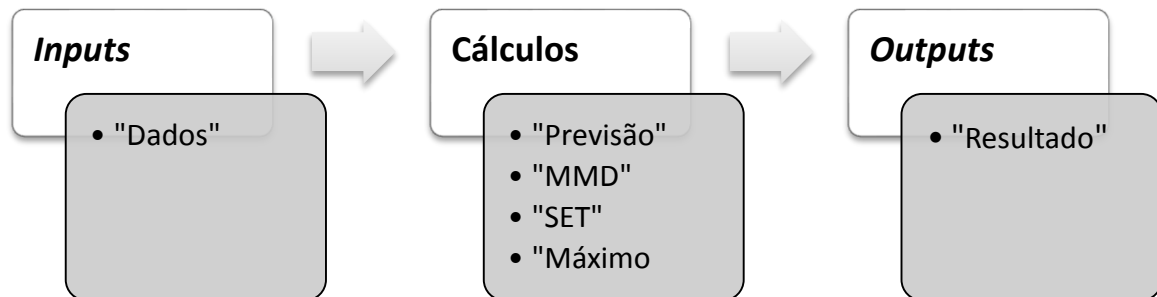


Figura 24 - Organização da Implantação Computacional

5.3.1 Inputs

Dentre os *inputs* dos modelos é importante destacar que para a elaboração da planilha de simulação algumas considerações foram adotadas:

- Estoque inicial dos SKUs foi definido como 15x a demanda média;
- *Lead time* do pedido de cada SKU (varia entre 75 e 90 dias);
- Período de revisão semanal;
- O coeficiente z representa o nível de cobertura que se deseja em uma variável de distribuição normal. Para a classificação ABC dada aos SKUs foram atribuídos os seguintes níveis para as classes A, B e C, respectivamente 99% ($z = 2,33$), 95% ($z = 1,64$) e 90% ($z = 1,28$);
- Todos os pedidos são realizados ao final do período t e só estão disponíveis para venda no início do período em que chegam;
- Se o estoque físico em t não é capaz de suprir a demanda do período, a diferença em unidades é considerada venda perdida e não poderá ser suprida posteriormente quando houver disponibilidade de produtos.

Todas as informações necessárias sobre os SKUs, tais como fornecedor, *lead time*, classe ABC, o histórico da demanda desde 2011 agregado em semanas e os parâmetros de cada modelo são armazenadas na planilha “Dados”. Além de armazenar os parâmetros que

obtiveram os melhores resultados para cada modelo, consta também na planilha a informação de qual método de previsão obteve o menor erro. A Figura 25 ilustra essa planilha.

Código	REVISÃO PERIÓDICA COM PREVISÃO								REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			
	Tipo de previsão	MAPE (MMD)	n períodos (MMD)	MAPE (SET)	α (SET)	β (SET)	Nível Inicial (SET)	Tend. Inicial (SET)	Recalibração	Coef. Z	Histórico	S - máximo
26-M	MMD	38%	6	41%	0,15	0,95	71	1	1 semanas	1,64	13 semanas	3098
50-M	MMD	97%	12	111%	0,05	0,05	22	0	1 semanas	1,28	13 semanas	301
27-M	SET	277%	5	71%	0,05	0,10	121	2	1 semanas	1,28	13 semanas	964
36-A	SET	120%	9	90%	0,20	0,40	47	1	1 semanas	1,28	13 semanas	524
2-M	MMD	214%	15	215%	0,05	0,05	383	12	1 semanas	2,33	13 semanas	32618
3-K	SET	161%	14	148%	0,05	0,45	538	21	1 semanas	2,33	13 semanas	12266
8-K	SET	133%	8	39%	0,05	0,50	276	12	1 semanas	2,33	13 semanas	5132
9-A	MMD	150%	13	173%	0,05	0,50	164	5	1 semanas	2,33	13 semanas	12437
11-K	SET	135%	15	104%	0,05	0,05	113	4	1 semanas	2,33	13 semanas	7375
39-M	SET	186%	11	52%	0,10	0,75	45	1	1 semanas	1,28	13 semanas	854
54-M	SET	100%	10	87%	0,05	0,05	15	0	1 semanas	1,28	13 semanas	439
13-M	SET	90%	10	19%	0,05	0,70	185	5	1 semanas	1,64	13 semanas	6433

Figura 25 - Trecho da planilha “Dados”

5.3.2 Cálculos

Os cálculos são as simulações realizados para cada modelo. Antes de realizar a simulação das ordens de compra e dos níveis de estoque dos modelos é preciso definir os parâmetros iniciais de cada um. No caso da reposição do máximo a lógica aplicada será a advinda da aplicação das recomendações do capítulo 4. Já no caso do modelo baseado em previsão, será necessário definir os métodos de previsão de demanda que serão analisados, calcular os parâmetros que resultam no menor erro de previsão para só então aplicar as previsões de demanda no modelo de controle de estoques. A seguir são apresentadas as planilhas “Máximo” onde é simulado o modelo de reposição do máximo, “Previsão” onde é simulado o modelo baseado em previsão e, “MMD” e “SET” onde são simulados os métodos de previsão de demanda utilizadas no modelo anterior.

“Máximo”

Nessa planilha está o modelo que fará as simulações das ordens de compra e dos níveis de estoque usados da reposição do máximo. O processo desse modelo inicia-se com a entrada dos parâmetros de período de revisão (T) e estoque máximo (S), recebimento das ordens de compra no início do período, deduções das demandas atendidas, atualização do nível de estoque e solicitação de ordem de compra quando se está no período de revisão. A Figura 26 ilustra o fluxograma do processo.

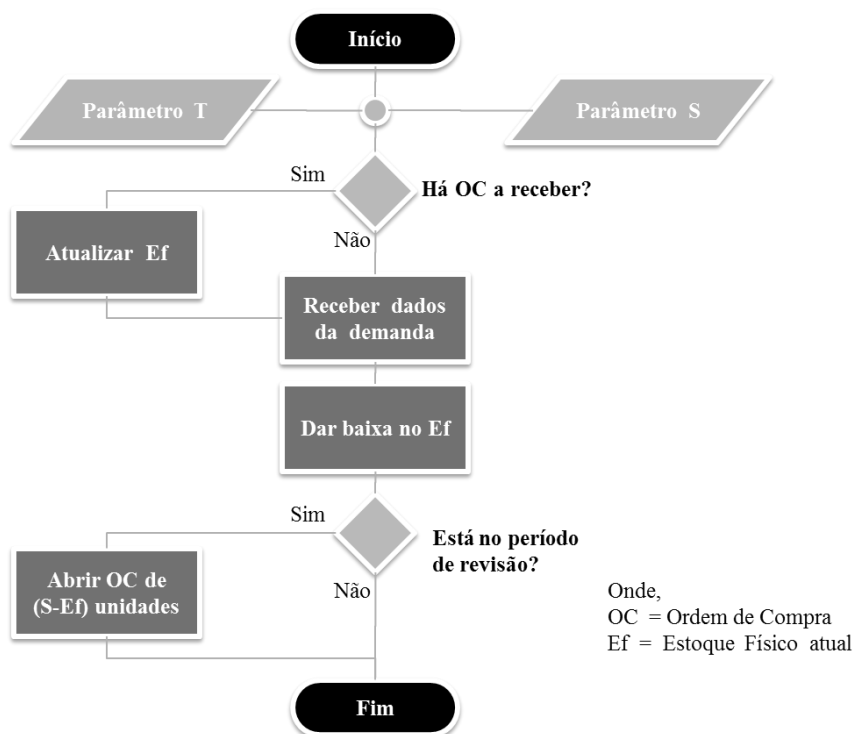


Figura 26 - Fluxograma de processo do modelo de reposição do máximo

Conforme visto no diagnóstico inicial, a revisão periódica adotada na LED Company é semanal. Uma vez definido o período de revisão, resta determinar o estoque máximo para cada item. Este parâmetro depende da média e variância da demanda no intervalo de tempo $T+L$ (soma do período de revisão e do *lead time*).

A determinação do parâmetro S foi calculada do mesmo modo que o apresentado no capítulo anterior. Na aplicação os dados de 2011 foram utilizados como período de inicialização e os dados de 2012 e 2013 como período de simulação. Seguindo as recomendações, os dados serão recalibrados semanalmente utilizando uma base histórica equivalente às 13 semanas mais recentes da data de recalibração.

A Figura 27 ilustra um trecho da planilha “Máximo”.

t	Recebimento (início de t)	Est. Físico (início de t)	Demanda (em t)	Venda (em t)	Est. Físico (fim de t)	Posição Est. (antes OC)	OC (fim de t)	Posição Est. (depois OC)	Cobertura
63	0	1493	333	333	1160	2554	0	2554	10,2
64	0	1160	420	420	740	2134	1815	3949	5,7
65	0	740	146	146	594	3803	1846	5649	3,7
66	0	594	72	72	522	5577	0	5577	3,1
67	0	522	180	180	342	5397	0	5397	2,0
68	0	342	226	226	116	5171	0	5171	0,7
69	0	116	342	116	0	5055	0	5055	0,0
70	0	0	451	0	0	5055	0	5055	0,0
71	943	943	436	436	507	4619	1405	6024	2,3
72	306	813	201	201	612	5823	452	6275	2,5

Figura 27 - Planilha de simulação da reposição do máximo

A planilha é organizada da seguinte maneira: no "Recebimento" estão as OCs disponibilizadas no início do período, seguido do "Est. Físico" no início de t, a "Demanda" do período t, a "Venda" efetiva do período, o "Est. Físico" após as vendas, a "Posição do Estoque", ou seja, o estoque físico mais as OCs pendentes antes e depois da nova OC e por fim, a cobertura do período que é o estoque físico dividido pela demanda média de períodos anteriores.

Quando se está dentro do período de revisão a OC é calculada da seguinte maneira:

$$OC = \text{máximo}(0; S_{\text{máx}} - P_e), \text{ de modo a evitar OC negativas.}$$

O código da rotina desenvolvida para a execução desse modelo encontra-se no Anexo A3.

“Previsão”

Na planilha “Previsão” está o modelo que fará as simulações das ordens de compra e dos níveis de estoque usando a previsão de demanda com menor erro EPAM. O processo do modelo baseado em previsão inicia com a entrada das previsões de demanda no intervalo de tempo T+L (soma do período de revisão e do *lead time*), em seguida atualiza as entrada de OC, de atendimento da demanda nos estoque físico e na posição do estoque (estoque físico + OC pendentes) e se estiver no período de revisão faz o pedido de uma OC. A Figura 28 ilustra o fluxograma desse processo.

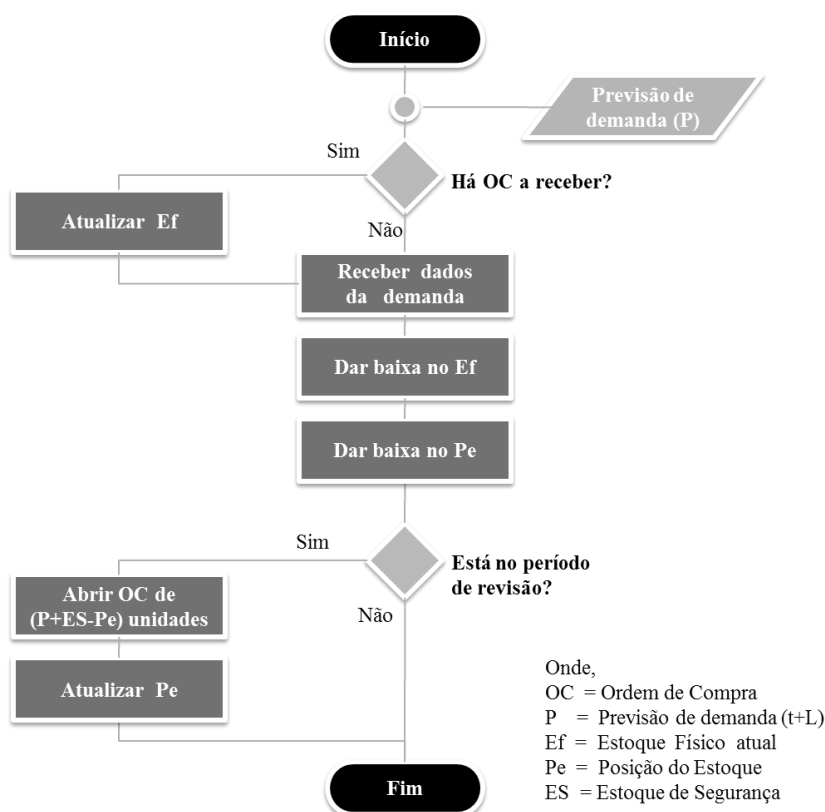


Figura 28 - Fluxograma de processo do modelo baseado em previsão de demanda

Conforme visto na revisão bibliográfica, há diversos modelos de previsão de demanda, entretanto, este trabalho se focará apenas nos modelos quantitativos baseados em séries temporais. Dentre esses modelos, serão testados somente:

- Média Móvel Dupla (MMD)
- Suavização Exponencial com Tendência (SET)

Da análise do perfil da demanda dos SKUs, foi observada uma forte tendência, mas não sazonalidade, de modo que os modelos que consideram sazonalidade foram descartados e só serão avaliados os modelos recomendados para demandas com tendência. Os modelos serão avaliados pelo erro EPAM (Erro Percentual Absoluto Médio) o qual considera desvios relativos ou percentuais no cálculo do erro. Cada método de previsão é simulado em uma planilha diferente conforme é explicado em sequência após o modelo baseado em previsão.

Na planilha “Previsão” ilustrada pela Figura 29 a seguir, tem-se um modelo que se assemelha muito ao da reposição do máximo apresentado anteriormente. O modelo baseado em previsão apresenta a mesma sequência de informações, com o acréscimo das colunas relacionadas a previsão: a “Previsão de Demanda” e o “Erro Previsão” calculados ou por MMD ou por SET, o que apresentar menor erro, e o “ σ (ES)” que é utilizado no cálculo do estoque de segurança.

As OCs e o ES são calculados pelas seguintes fórmulas:

$$OC = \text{Previsão de demanda}(T + L) + ES - Ef$$

$$ES = k \cdot \sigma_{T+L}$$

Onde k é definido pela classe ABC do produto.

t	Recebimento (início de t)	Est. Físico (início de t)	Demanda Real (em t)	Previsão de Demanda (em t)	Erro Previsão (em t)	σ (ES)	Venda (em t)	Est. Físico (fim de t)	Posição Est. (antes OC)	OC (fim de t)	Posição Est. (depois OC)	Cobertura
83	444	559	407	482	75	255	407	152	10062	552	10614	0,4
84	480	632	281	604	323	246	281	351	10333	309	10642	0,9
85	494	845	551	594	43	246	551	294	10091	579	10670	0,8
86	648	942	530	736	206	229	530	412	10140	367	10507	1,0
87	592	1004	456	709	253	228	456	548	10051	236	10286	1,3
88	585	1132	393	662	269	288	393	739	9893	0	9893	1,7
89	597	1337	114	610	496	305	114	1223	9779	0	9779	2,8
90	710	1932	237	645	408	312	237	1695	9542	0	9542	3,9
91	1093	2788	208	933	725	332	208	2580	9334	0	9334	6,2
92	1459	4039	451	866	415	308	451	3588	8883	0	8883	9,9
93	842	4430	357	792	435	306	357	4073	8526	0	8526	10,8

Figura 29 - Planilha de simulação baseada em previsão de demanda

Para esta planilha também foi desenvolvida uma macro para aplicar o modelo para todos os SKUs, encontra-se no Anexo A4.

“MMD”

Na planilha “MMD” são simuladas e calculadas as previsões de demanda pelo método da média móvel dupla. Foi elaborada uma macro, apresentada no Anexo A5 em linguagem VBA para efetuar o cálculo das previsões de demanda a cada SKU avaliado.

O método consiste em aplicar duas vezes a técnica de média móvel simples, uma nos dados originais e depois nos dados resultantes desta primeira aplicação. A Figura 30 ilustra trecho da

planilha de cálculo. Foram testados valores de n de 2 a 15. Para determinar o n com melhor resultado, seguiu-se os seguintes passos:

- Gerar previsões de demanda para as semanas de 2012 para cada n;
- Calcular o erro EPAM;
- Selecionar o n com menor EPAM.

Média Móvel Dupla									
Parâmetros		Série histórica						MAD	MAPE
n	13	119						26,8	128%
t	Real (Ft)	MM Simples	MM Dupla	At	Bt	13	Erro	MAPE	
40	167	196	169	224	5	330	163	98%	
41	418	220	175	265	8	199	-219	-52%	
42	193	223	181	265	7	155	-38	-20%	
43	571	250	188	313	10	194	-377	-66%	
44	221	262	197	328	11	150	-71	-32%	
45	128	254	204	305	8	197	69	54%	

n	MAPE
2	312%
3	162%
4	103%
5	277%
6	38%
7	94%

Figura 30 - Trecho do cálculo da Média Móvel Dupla

“SET”

Na planilha “SET” são simuladas e calculadas as previsões de demanda pelo método da suavização exponencial com tendência. Analogamente ao método MMD, também foi elaborada uma macro para os cálculos (Anexo A6).

O método possui dois coeficientes de amortecimento que atribuem pesos maiores ou menores aos valores mais recentes. Um deles é utilizado para a tendência (β) e outro para o nível (α). Segundo as seguintes fórmulas:

$$B_t = \alpha \times D_t + (1 - \alpha) \times (B_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta \times (B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$F_t(t + k) = B_t + k \times T_t, k = 1, 2, 3, 4..$$

A Figura 31 ilustra trecho da planilha de cálculo. As etapas utilizadas para calcular os coeficientes do melhor resultado foram:

- Calcular a previsão do nível de demanda e a tendência para 2012 utilizando os dados de 2011 como valores iniciais;
- Por meio do recurso "Tabela de Dados" do Excel, calcular o EPAM para cada par de α e β , ambos com valores entre 0 e 1;
- Selecionar o par α e β com menor EPAM.

Suavização Exponencial com Tendência (SET) - Modelo Holt

Parâmetros		Série histórica		MAD		MAPE	
Alfa	0,05	119		-31,2		12%	
Beta	0,70						

t	Real (Ft)	Base (Bt)	Tendência (Tt)	13	Erro	MAPE
66	72	165	4	196	124	172%
67	180	170	4	182	2	1%
68	226	177	6	115	-111	-49%
69	342	191	12	154	-188	-55%
70	451	216	20	123	-328	-73%
71	436	246	27	100	-336	-77%
72	201	270	25	87	-114	-57%
73	525	306	33	118	-407	-78%
74	222	334	29	77	-145	-65%

		Alfa									
Beta	12%	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
	0,05	57%	55%	49%	45%	41%	38%	36%	35%	34%	33%
	0,10	60%	52%	42%	36%	32%	29%	27%	25%	24%	23%
	0,15	61%	45%	33%	27%	23%	20%	19%	18%	18%	18%
	0,20	60%	37%	24%	19%	16%	15%	15%	16%	16%	18%
	0,25	56%	28%	18%	15%	14%	14%	14%	15%	17%	19%
	0,30	51%	20%	14%	14%	13%	13%	14%	16%	20%	24%
	0,35	45%	15%	14%	14%	14%	13%	16%	20%	25%	31%

Figura 31 - Trecho do cálculo da Suavização Exponencial com Tendência

5.3.3 Outputs

Os resultados são compilados na planilha “Resultado”. Para cada SKU e para cada modelo são apresentados os valores obtidos dos três indicadores:

- Média da cobertura
- *Stock out*
- Estoque médio

Média da cobertura

A cobertura do estoque avalia o quanto o estoque consegue cobrir a demanda sem necessitar de ressuprimento. Para o cálculo desse indicador, uma cobertura média é calculada a cada período da simulação dividindo-se o estoque físico no final do período t pela demanda média das últimas 12 semanas. Por fim é calculada a médias dessas coberturas médias.

O índice de cobertura não deve ser muito baixo nem muito alto. Se estiver muito baixo é um sinal de alerta para uma possível falta de mercadoria para o atendimento da demanda; se estiver muito elevado significa que os produtos encontram-se estocados há longos períodos, com possível obsolescência, danos e gerando custos.

Stock Out

O *stock out* é a quantificação das vendas perdidas em função da indisponibilidade do item solicitado. É considerado um importante indicador de nível de serviço para a empresa, pois revela quantas vendas não estão sendo concretizadas em função da falta de produto em estoque, ou seja, de um mau gerenciamento dos estoques.

A polaridade desse indicador é a de quanto menor melhor, o ideal seria um *stock out* nulo.

Estoque médio

O valor do estoque médio consiste na média do estoque físico no final de cada período simulado. Seu valor é importante para se tomar conhecimento da quantidade em unidades que se é estocada de cada SKU.

A apresentação da planilha e a discussão dos resultados é realizada a seguir.

5.4 Discussão dos Resultados

Após a simulação dos SKUs nos dois modelos - quando aplicável - são apresentados os resultados obtidos, vide Figura 32 e Figura 33.

Código	REVISÃO PERIÓDICA COM PREVISÃO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO		
	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio
18-M	-	-	-	48,29	19%	1346
19-Y	-	-	-	20,92	33%	1217
21-M	-	-	-	44,57	28%	990
24-A	-	-	-	24,79	31%	810
29-M	-	-	-	13,33	20%	1034
30-M	-	-	-	92,79	28%	616

Figura 32 - Trecho I da tabela comparativa dos resultados de cada modelo

A Figura 32 mostra um trecho dos resultados da aplicação apenas do modelo de reposição do máximo nos SKU sem base histórica suficiente para aplicar o modelo baseado em previsão. Notam-se *stock outs* elevados em função da alta variabilidade da demanda com a forte influência dos *outliers* nos primeiros períodos de lançamento do produto e o indicador

de média da cobertura também é afetado pelo alto estoque inicial que é necessário para cobrir o *lead time* de entrega e as flutuações da demanda que são muito baixas do início, mas que rapidamente aumentam com o tempo.

A Figura 33, por sua vez, retrata os SKUs em que foram aplicados os dois modelos, de reposição do máximo e baseado em previsão. Observa-se que os resultados dos dois modelos foram muito próximos. Em muitos SKUs a reposição do máximo apresentou níveis de *stock out* melhores, mas em compensação a média da cobertura e o estoque médio ficaram mais elevados. Esse *trade-off* era esperado, cabe aos gestores avaliarem o nível de atendimento que querem manter de cada SKU e o custo a que estão dispostos a pagar por níveis mais elevados de estoque.

Código	Classe ABC	REVISÃO PERIÓDICA COM PREVISÃO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			Stock Out Projetado
		Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	
8-K	A	5,48	9%	2436	6,80	4%	2692	1%
3-K	A	4,77	8%	3885	7,01	4%	5252	1%
2-M	A	4,13	13%	4569	4,60	17%	5330	1%
9-A	A	6,05	11%	2302	5,22	10%	1994	1%
11-K	A	2,90	18%	1036	3,54	15%	1250	1%
26-M	B	4,10	7%	488	2,69	8%	289	5%
13-M	B	7,10	9%	2098	6,84	5%	1761	5%
36-A	C	8,91	6%	397	7,48	3%	330	10%
50-M	C	6,02	8%	183	4,28	8%	131	10%
27-M	C	22,38	9%	774	42,42	0%	1539	10%
54-M	C	4,05	13%	109	5,95	13%	152	10%
39-M	C	11,27	9%	673	9,28	5%	457	10%

Figura 33 - Trecho II da tabela comparativa dos resultados de cada modelo

Avaliando os SKUs, 26-M e 50-M nota-se que os *stock outs* dos dois modelos é muito próximo, mas o modelo de reposição do máximo apresenta leve vantagem por apresentar cobertura e estoque médio mais baixos para um mesmo nível de serviço. Isso remete a um ponto de atenção muito importante, apesar do modelo clássico não ser tão sofisticado quanto o modelo de previsão, sob certas circunstâncias ele é robusto o suficiente para apresentar resultados mais aprimorados.

Ambos os modelos mostraram bons resultados, mas para a escolha definitiva do melhor modelo também são avaliados outros critérios. Dentre eles destacam-se a o nível de dificuldade da integração com sistema de TI em desenvolvimento e da compreensão dos

modelos. Em relação ao sistema de TI, o modelo baseado em previsão é mais complexo e exige um processo anterior ao modelo que é o cálculo da previsão. Além disso, é preciso desenvolver separadamente um método de revisão dos coeficientes, que no modelo de reposição do máximo já está embutido. Quanto à compreensão dos modelos, é muito importante que o responsável de compras entenda bem o raciocínio do modelo para poder analisar os resultados. Nesse quesito o modelo de reposição do máximo é mais simples, mas a complexidade do modelo baseado em previsão não chega a ser uma restrição.

Os modelos baseados em previsão de demanda são, de modo geral, os mais indicados para os produtos da LED Company pois foram desenvolvidos justamente para produtos com demanda não estacionária, como é o caso dos produtos empresa. Contudo, esse modelo é válido apenas quando a empresa apresentar previsibilidade da demanda de seus produtos. No presente momento, o contexto da LED Company ainda não condiciona a aplicação desses modelos e dado os bons resultados apresentados pelo modelo de reposição do máximo, recomenda-se a utilização desse modelo nos SKUs em que apresentou melhores resultados e nos que ainda não podem utilizar a previsão. À medida que alguns itens forem se firmando no mercado, os modelos baseados em previsão podem tornar-se mais assertivos dada a natureza deles. Dessa forma, recomenda-se rever periodicamente a alocação de modelos, aplicando a análise feita neste trabalho. Além disso, reforça-se a atenção e cuidado que devem ser adotados ao tratar com os *outliers* que, se não forem tratados, podem ocasionar distorções graves nos modelos.

Outro resultado interessante do modelo é que para avaliar o efeito do intervalo histórico de dados usado nas recalibrações, fez-se a simulação do modelo de reposição do máximo para diferentes intervalos históricos como mostra a Figura 34. Conforme visto na investigação da recalibração do modelo clássico, o *stock out* diminui com a redução do intervalo histórico, reforçando as recomendações.

2 semanas			4 semanas			13 semanas			26 semanas			52 semanas		
REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO			REPOSIÇÃO DO MÁXIMO		
Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio	Média da cobertura	Stock Out	Estoque Médio
5,67	5%	683	4,43	7%	533	2,69	8%	289	2,36	11%	240	1,80	15%	170
7,54	6%	263	6,04	7%	201	4,28	8%	131	3,76	9%	109	2,69	9%	74
26,82	3%	1003	28,27	2%	1030	42,42	0%	1539	37,92	0%	1354	31,01	0%	1146
15,13	3%	726	11,23	1%	495	7,48	3%	330	6,81	3%	300	5,81	5%	254
8,49	12%	10908	6,99	15%	8632	4,60	16%	5330	2,82	20%	2968	1,57	21%	1366
12,82	2%	9790	9,38	3%	7006	7,01	3%	5252	5,82	0%	4447	4,63	1%	3529
11,11	4%	5107	9,18	4%	3930	6,80	3%	2692	5,95	0%	2372	5,04	3%	2037
8,63	6%	3766	6,74	8%	2720	5,22	9%	1994	3,40	10%	1226	2,50	14%	861

Figura 34 - Efeito do intervalo histórico

6 CONCLUSÃO E DESDOBRAMENTOS

O capítulo de conclusão divide-se em três partes: síntese do trabalho (formulação do problema, metodologia e resultados obtidos); análise crítica e possíveis desdobramentos futuros.

6.1 Síntese do Trabalho

A LED Company é uma empresa importadora e distribuidora de produtos de LED. Opera com 5 fornecedores diferentes da China, possuindo um escritório no país para gerenciar os trâmites burocráticos. Constituída no final de 2009 a empresa está em constante renovação de seu portfólio de produtos e em função disso muitos de seus produtos foram descontinuados ou apresentam base histórica inferior a 2 anos.

Atualmente o gerenciamento dos estoques é realizado por um único funcionário e não existe qualquer modelo formal de apoio à tomada de decisão para definição das ordens de compra. Esse funcionário elabora um plano de compras que é validado com um dos sócios da empresa e os dois definem semanalmente as quantidades a serem compradas de SKU com base em suas experiências de mercado e intuições.

Além disso, a empresa estava desenvolvendo um sistema integrado de TI exclusivo para a LED Company e apresentou a necessidade de um módulo formal de controle de estoques e compras a fim de agilizar e otimizar os processos de compra.

A partir do levantamento bibliográfico identificaram-se diversos modelos de estoque. Contudo, por ser uma empresa importadora com altos custos de pedido e por ter um único funcionário responsável pelas compras os modelos de revisão contínua foram descartados para o contexto da empresa.

Atualmente as ordens de compra são realizadas semanalmente e o mesmo período de revisão foi adotado nas análises dos modelos de revisão periódica. Foram escolhidos para a análise dois modelos: reposição do máximo e baseado em previsão. Cada qual apresenta vantagens e desvantagens. O modelo clássico de reposição do máximo foi desenvolvido para produtos de demanda estável, em contrapartida, os modelos baseados em previsão foram elaborados justamente para se adaptar a demandas não estacionárias que apresentam fatores como tendência e sazonalidade. Entretanto, foi identificado que poucos produtos da empresa apresentam histórico de dados suficiente para prever a demanda, de modo que foi definida a

aplicação do modelo de reposição do máximo para todos os SKUs e, a aplicação e comparação com o modelo baseado em previsão somente dos produtos com base histórica suficiente. A fim de corrigir a origem não estacionária do modelo, é realizada uma investigação do efeito da calibração e do intervalo histórico da revisão dos parâmetros, ambos relacionados com a não estacionaridade do modelo clássico.

Partindo desse ponto, foi realizado experimento de análise de sensibilidade da frequência de recalibração e de intervalo histórico de dados para diferentes combinações de perfis de demanda. Os dados controlados foram gerados aleatoriamente e o resultado do experimento foram recomendações para determinadas características da demanda.

Voltando ao contexto da LED Company, a análise do perfil de demanda dos SKUs revelou muitos itens com forte tendência, forte dispersão e uma possível sazonalidade, com aumento de demanda no segundo semestre, que não pode ser devidamente avaliada pela falta de dados históricos. Para esse perfil a recomendação do experimento das recalibrações é que quanto mais frequentemente realizadas melhores seriam os resultados de nível de serviço atendido. Quanto ao histórico, a recomendação é que também sejam curtos, de modo que os parâmetros estejam sempre atualizados com os dados mais recentes. Desse modo, definiu-se os parâmetros do modelo de reposição do máximo.

Quanto ao modelo baseado em previsão, foram testados dois modelos de previsão recomendados para demanda com tendência: média móvel dupla e suavização exponencial com tendência. Para cada modelo selecionou-se o parâmetro (n , α ou β) que minimiza o erro percentual absoluto médio (EPAM) da previsão. Com base na previsão, determinam-se as necessidades brutas e as necessidades líquidas que deverão ser compradas no modelo baseado em previsão.

Por fim, com todos os parâmetros e valores iniciais determinados, foram simulados os pedidos de compra e os níveis de estoque, comparando-os com os dados de 2012 e 2013. A base de comparação foram três indicadores: média da cobertura, *stock out* e estoque médio. Analisando os resultados das simulações, verifica-se que ambos os modelos apresentaram resultados satisfatórios para o contexto da empresa. A recomendação final é que sejam realizadas revisões periódicas dos modelos, a fim de verificar a maior assertividade dos mesmos, principalmente daqueles baseados em previsão. No contexto atual, na maioria dos SKUs é adotado o modelo de reposição do máximo até que estes se firmem no mercado e

apresentem dados suficientes para a implementação de um modelo mais sofisticado como o baseado em previsão de demanda e a confrontação dos modelos possa ser realizada.

6.2 Análise Crítica

A primeira limitação do estudo é a extensão das séries históricas. O fato de a LED Company ser uma empresa nova com poucos dados históricos e que ainda está definindo seu portfólio de produtos dificulta em muito as análises. Em função disso, poucos SKUs puderam ser avaliados corretamente, a grande maioria deles não apresentava nem 2 anos de histórico. No caso de produtos novos tal qual muitos na LED Company, a recomendação é que sejam utilizados métodos qualitativos para a determinação das ordens de compra. Para os demais casos foi aplicado o modelo clássico.

O presente trabalho focou sua análise nos produtos com mais de 2 anos de dados históricos, e mesmo assim, algumas avaliações como a da presença ou não de sazonalidade não puderam ser executadas, surgiram apenas hipóteses.

Outra limitação é o ajuste dos dados, em função da forte presença de *outlier* sem muitos pontos da demanda os valores estavam enviesados por promoções e outros casos de exceção. Como não foi possível levantar todos esses casos por falta de registro, os dados não puderam ser corrigidos afetando os resultados finais dos modelos. Os ajustes se limitaram apenas à remoção de *outliers* extremos.

Dadas as limitações de tempo do funcionário e de custo dos pedidos, os modelos contínuos foram inviabilizados, somente os modelos de revisão periódicos foram avaliados. Dentre esses modelos, foi testado um baseado em previsão de demanda que poderia ser gerada por diversos métodos diferentes. Dado a limitações de tempo de execução do trabalho, investigou-se apenas dois deles que mais se enquadravam ao perfil de demanda dos SKUs da LED Company. É importante ressaltar que é possível que algum outro modelo se adapte melhor ao comportamento da demanda, fornecendo resultados melhores.

Apesar das limitações levantadas, os modelos puderam ser testados e foram obtidos bons resultados de nível de serviço para ambos os modelos. O trabalho expôs ainda, por meio da avaliação da recalibração dos parâmetros do modelo clássicos, que apesar do modelo de reposição do máximo ter sido desenvolvido para demandas estáveis ele é robusto o suficiente

para apresentar bons resultados se comparado a modelos mais completos com previsão de demanda.

6.3 Desdobramentos e Considerações Finais

Para a LED Company este trabalho propõe uma poderosa ferramenta de auxílio na tomada de decisão no gerenciamento do controle de estoques. Entretanto, devido ao período curto de histórico de dados da maioria dos produtos da empresa, não foi possível realizar as devidas análises para todos os SKUs. Em função disso, recomenda-se continuar mantendo o registro das demandas dos SKUs e assim que estes completarem uma base histórica de 2 anos realizar avaliações análogas às realizadas no presente trabalho.

Com as análises de mais SKUs será possível agregá-los em grupos de critérios diversos, tais como fornecedor, classe ABC, entre outros. Ao agregar a demanda dos produtos reduz-se os erros das previsões e os resultados dos modelos averiguados podem ser otimizados.

Outro desdobramento proposto pelo trabalho é o da investigação da sazonalidade anual dos produtos. Conforme relatado, há alguns indícios de que a demanda do segundo semestre do ano seja mais alta em função das comemorações de fim de ano, contudo, a curta base de dados não permitiu fazer um estudo mais aprofundado para comprovar a sazonalidade. À medida que a empresa vai angariando dados históricos será possível comprovar a existência ou não dessa sazonalidade, mas enquanto isso, aconselha-se aos gestores redobram a atenção e se prepararem para atender a essa possível sazonalidade.

Outra proposta para possíveis desdobramentos é a análises dos custos associados a cada etapa do gerenciamento dos estoques. Não foi o foco do trabalho se atentar aos custos financeiros envolvidos, mas é uma avaliação importante para a empresa e altamente recomendada. Para os níveis de serviço calculados no trabalho vale o estudo do *trade-off* dos custos que estes níveis elevados incorrem.

Ao longo do trabalho diversos debates foram levantados. Um deles, o da robustez do modelo de reposição do máximo periódico por meio de variações na recalibração dos parâmetros foi abordado e estudado no trabalho. Contudo, outros debates surgiram, dentre eles o do estudo do efeito da frequência de recalibração dos coeficientes α , β e γ dos métodos de suavização exponencial de previsão de demanda. Para esses modelos não faz sentido realizar a

investigação do histórico de dados, pois são dados pesos aos dados mais recentes, mas a frequência de recalibração e a determinação de novos valores dos coeficientes pode causar impactos significativos nos resultados.

Outro debate levantado é o da elaboração de modelos de controle de estoque baseados na cobertura. O fato de a LED Company basear seus pedidos em diversos períodos de cobertura instigou a se fazer uma investigação de modelos adaptados os quais utilizam a cobertura como parâmetro chave. A adoção da cobertura como parâmetro é uma prática cada vez mais freqüente nas empresas, mas praticamente isenta de embasamento teórico sobre o assunto. Atualmente há poucos estudos acadêmicos desenvolvidos em relação ao tema e não se conhece ao certo se existe ou não e, em caso afirmativo, qual seria a real eficácia dos modelos baseados em cobertura tão praticados e distintos no mercado.

7 REFERÊNCIAS

- BABAI, M. Z.; SYNTETOS, A.; DALLERY, Y.; NIKOLOPOULOS, K, **“Dynamic re-order point inventory control with lead-time uncertainty: analysis and empirical investigation”**. International Journal of Production Research, v. 47-9, p.2461-248, 2009.
- BALLOU, Ronald H., **“Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial”**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **“Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento”**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BRITO JR, I. **“Previsão de Demanda e Gestão de Estoques”**: Curso de Capacitação em Operações Logísticas (CCOL), Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV). São Paulo, 2013.
- CORRAR, L. J.; THEÓFILO, C. R. **“Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração”**. São Paulo: Editora Atlas, 2004
- FISHER, R. A. **“The design of experiments”**. 9. ed. New York: HAFNER PRESS, 1971. 248 p.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **“Planejamento e Controle da Produção”**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MASON, R. L.; GUNST, R. L.; HESS, J. L. **“Statistical design and analysis of experiments with applications to engineering and science”**.2. ed. Hoboken: John Wiley& Sons, 2003. 728 p.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.J. **“Forecasting: Methods and Applications”**. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons. 1998.
- MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments** 7.ed. New York: John Wiley & Sons, p. 656, 2009
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers** 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 2003

REVISTA ÉPOCA NEGÓCIOS. “**Mercado de Lâmpadas de LED da GE no Brasil deve crescer mais de 50% em 2013**”, Disponível em <<http://colunas.revistaepocanegocios.globo.com/empresaverde/2012/12/19/mercado-de-lampadas-led-da-ge-no-brasil-deve-crescer-mais-de-50/>>. Acessado em 14/04/2013.

SANTORO, M. C. “**Notas de aula: Planejamento, programação e controle da produção**”: Previsão de Demanda. EPUSP. São Paulo, 2003.

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

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. “**Administração da Produção**”. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TERSINE, M. “**Principles of Inventory Management**”. 4. New Jersey. Prentice Hall. 1994.

ANEXOS

Anexo A - Códigos em Linguagem VBA

A1. Macro VBA - Geração de demanda

```
Sub Calcular()
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim j As Integer
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
Sheets("Sim_Demanda").Select
```

```
Application.Calculation = xlManual
```

```
'Calculando a tabela de demanda
```

```
Range("C32").FormulaR1C1 = "=ROUND(NORMINV(RAND(),RC[1],RC[2]),0)"
```

```
Range("D32").FormulaR1C1 = "=R9C3+RC[2]+RC[3]"
```

```
Range("E32").FormulaR1C1 = "=R8C3*(R9C3+RC[1])"
```

```
Range("F32").FormulaR1C1 = "=RC[-4]*R11C3*R9C3"
```

```
Range("G32").FormulaR1C1 = "=R9C3*R8C7*SIN(2*PI()*RC[-5]/R4C3)"
```

```
Range("C32:G32").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Selection.FillDown
```

```
Application.Calculation = xlAutomatic
```

```
'Colando como valor
```

```
Range("C32:G32").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
Selection.Copy
```

```
Range("C32").Select
```

```
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Range("A1").Select
```

```
Application.ScreenUpdating = True
```

```
End Sub
```


A2. Macro VBA - Revisão dos Parâmetros

```
Sub revisao_param()
```

```
Dim intervalo_i As Integer 'linha inicial do intervalo de revisão dos parametros
```

```
Dim intervalo_f As Integer 'linha final do intervalo de revisão dos parametros
```

```
Dim apaga_dados As Integer 'linha até onde deve se apagar as fórmulas da tabela
```

```
Dim recalib As Integer 'recalib de revisão dos parametros
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim leadtime As Integer
```

```
Dim historico As Integer 'intervalo de revisao dos parametros
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
Sheets("<T,S>").Activate
```

```
'Auxiliar dos parametros do historico
```

```
historico = Range("C18")
```

```
leadtime = -Range("C6")
```

```
Range("J4").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
intervalo_f = 156 + 3
```

```
apaga_dados = intervalo_f
```

```
intervalo_i = intervalo_f - historico + 1
```

```
'Corrigino o calculo da cobertura media
```

```
Range("G5").FormulaR1C1 = "=SUM(R4C15:R263C15)/SUM(R" & intervalo_f + 1 &  
"C13:R263C13)"
```

```
'Construindo a tabela
```

```
Range("K160").FormulaR1C1 = "=R[" & leadtime - 1 & "]C[6]"
```

```
Range("L160").FormulaR1C1 = "=R[-1]C[3]+RC[-1]"
```

```
Range("N160").FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]>RC[-2],RC[-2],RC[-1])"
```

```
Range("O160").FormulaR1C1 = "=RC[-3]-RC[-1]"
```

```
Range("P160").FormulaR1C1 = "=RC[-1]+SUM(R[" &leadtime& "]C[1]:R[-1]C[1])"
```

```
Range("Q160").FormulaR1C1 = "=IF(AND(MOD(RC[-7],R23C6)=0,R23C7-RC[-1]>0),R23C7-RC[-1],0)"
```

```
Range("R160").FormulaR1C1 = "=RC[-2]+RC[-1]"
```

```
Range("S160").FormulaR1C1 = "=MAX(0,RC[-4]/AVERAGE(R[-13]C[-6]:R[-1]C[-6]))"
```

```
Range("K160:L263").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Range("N160:S263").Select
```

```
Selection.FillDown
```

'Preenche os primeiros valores de parâmetro

```
i = 23
```

```
Cells(i, 3).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R" &intervalo_f - historico - 1 & "C13:R" &intervalo_f& "C13)"
```

```
Cells(i, 4).FormulaR1C1 = "=STDEV(R" &intervalo_f - historico - 1 & "C13:R" &intervalo_f& "C13)"
```

```
Cells(i, 5).FormulaR1C1 = "=(52*SUM(R" &intervalo_f - historico - 1 & "C13:R" &intervalo_f& "C13))/R18C3"
```

```
Cells(i, 6) = Range("C8")
```

'Corrigindo a tabela principal de dados e tabela de revisão de parametros

```
Range("K4:L" &apaga_dados& "").ClearContents
```

```
Range("N4:Q" &apaga_dados& "").ClearContents
```

```
Range("L" &apaga_dados + 1 & "") = Range("C5")
```

```
Range("B24:F24").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
Selection.ClearContents
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
'Calcula as datas de revisao, dado o recalib estipulado e já corrige a tabela para cada revisão
```

```
recalib = Range("C14")
```

```
i = 24
```

```
If recalib<> 999 Then
```

```
    While Cells(i - 1, 2) + recalib< Range("C7")
```

```
        intervalo_i = intervalo_i + recalib
```

```
        intervalo_f = intervalo_f + recalib
```

```
        Cells(i, 2) = Cells(i - 1, 2) + recalib
```

```
        Cells(i, 3).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R" & intervalo_i& "C13:R" & intervalo_f& "C13)"
```

```
        Cells(i, 4).FormulaR1C1 = "=STDEV(R" & intervalo_i& "C13:R" & intervalo_f& "C13)"
```

```
        Cells(i, 5).FormulaR1C1 = "=(52*SUM(R" & intervalo_i& "C13:R" & intervalo_f& "C13))/R18C3"
```

```
        Cells(i, 6) = Range("C8")
```

```
        Range("Q" & intervalo_f + 1 & "").FormulaR1C1 = "=IF(AND(MOD(RC[-7],R" & i& "C6)=0,R" & i& "C7-RC[-1]>0),R" & i& "C7-RC[-1],0)"
```

```
        Range("Q" & intervalo_f + 1 & ":Q263").Select
```

```
        Selection.FillDown
```

```
        Range("G8") = Cells(i, 7)
```

```
i = i + 1
```

```
    Wend
```

```
End If
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Range("A1").Select
```

```
Application.ScreenUpdating = True
```

```
End Sub
```

A3. Macro VBA - Modelo Periódico da Reposição do Máximo

```

Sub maximo()
Dim intervalo_i As Integer 'linha inicial do intervalo de revisão dos parâmetros
Dim intervalo_f As Integer 'linha final do intervalo de revisão dos parâmetros
Dim apaga_dados As Integer 'linha até onde deve se apagar as fórmulas da tabela
Dim recalib As Integer 'recalib de revisão dos parametros
Dim i As Integer
Dim leadtime As Integer
Dim historico As Integer 'intervalo de revisao dos parametros
Dim rg As Range
Dim seriehistorica As Integer

Application.ScreenUpdating = False

    For sku = 1 + 3 To 12 + 3
Sheets("Máximo").Select

'Aplicar os parâmetro de cada SKU
Range("C5") = Sheets("Dados").Cells(sku, 10)
Range("C6") = Sheets("Dados").Cells(sku, 6)
Range("C8") = Sheets("Dados").Cells(sku, 9)
Range("C14") = Sheets("Dados").Cells(sku, 20)
Range("C17") = Sheets("Dados").Cells(sku, 21)
Range("C18") = Sheets("Dados").Cells(sku, 22)

'Atualizar os valores da demanda e período
Range("J4").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
Range("M4").Select

```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
```

```
Sheets("Dados").Select
```

```
Set rg = Range("AC1")
```

```
rg.Offset(2, 0).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Copy
```

```
Sheets("Máximo").Range("J4").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,  
SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=True
```

```
rg.Offset(sku - 1, 0).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Copy
```

```
Sheets("Máximo").Range("M4").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,  
SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=True
```

```
Sheets("Máximo").Select
```

```
'Auxiliar dos parametros do historico
```

```
seriehistorica = Range("C7") + 3
```

```
historico = Range("C18")
```

```
leadtime = -Range("C6")
```

```
Range("J4").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
intervalo_f = 52 + 3
```

```
apaga_dados = intervalo_f
```

```
intervalo_i = intervalo_f - historico + 1
```

```
'Corrigino o calculo da cobertura media
```

```
Range("G5").FormulaR1C1 = "=SUM(R4C15:R" & seriehistorica & "C15)/SUM(R" & intervalo_f + 1 & "C13:R" & seriehistorica & "C13)"
```

'Construindo a tabela

```
Range("K56").FormulaR1C1 = "=R[" & leadtime - 1 & "]C[6]"
```

```
Range("L56").FormulaR1C1 = "=R[-1]C[3]+RC[-1]"
```

```
Range("N56").FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]>RC[-2],RC[-2],RC[-1])"
```

```
Range("O56").FormulaR1C1 = "=RC[-3]-RC[-1]"
```

```
Range("P56").FormulaR1C1 = "=RC[-1]+SUM(R[" & leadtime & "]C[1]:R[-1]C[1])"
```

```
Range("Q56").FormulaR1C1 = "=IF(AND(MOD(RC[-7],R23C6)=0,R23C7-RC[-1]>0),R23C7-RC[-1],0)"
```

```
Range("R56").FormulaR1C1 = "=RC[-2]+RC[-1]"
```

```
Range("S56").FormulaR1C1 = "=MAX(0,RC[-4]/AVERAGE(R[-13]C[-6]:R[-1]C[-6]))"
```

```
Range("K56:L" & seriehistorica & "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Range("N56:S" & seriehistorica & "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

'Preenche os primeiros valores de parâmetro

```
i = 23
```

```
Cells(i, 3).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R" & intervalo_f - historico + 1 & "C13:R" & intervalo_f & "C13)"
```

```
Cells(i, 4).FormulaR1C1 = "=STDEV(R" & intervalo_f - historico + 1 & "C13:R" & intervalo_f & "C13)"
```

```
Cells(i, 5).FormulaR1C1 = "=(52*SUM(R" & intervalo_f - historico + 1 & "C13:R" & intervalo_f & "C13))/R18C3"
```

```
Cells(i, 6) = Range("C8")
```

'Corrigindo a tabela principal de dados e tabela de revisão de parametros

```
Range("K4:L" &apaga_dados& "").ClearContents
```

```
Range("N4:Q" &apaga_dados& "").ClearContents
```

```
Range("L" &apaga_dados + 1 & "") = Range("C5")
```

```
Range("B24:F24").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
Selection.ClearContents
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

'Calcula as datas de revisao, dado o recalib estipulado e já corrige a tabela para cada revisão

```
recalib = Range("C14")
```

```
i = 24
```

```
While Cells(i - 1, 2) + recalib< Range("C7")
```

```
intervalo_i = intervalo_i + recalib
```

```
intervalo_f = intervalo_f + recalib
```

```
Cells(i, 2) = Cells(i - 1, 2) + recalib
```

```
Cells(i, 3).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R" &intervalo_i& "C13:R" &intervalo_f& "C13)"
```

```
Cells(i, 4).FormulaR1C1 = "=STDEV(R" &intervalo_i& "C13:R" &intervalo_f& "C13)"
```

```
Cells(i, 5).FormulaR1C1 = "=(52*SUM(R" &intervalo_i& "C13:R" &intervalo_f& "C13))/R18C3"
```

```
Cells(i, 6) = Range("C8")
```

```
Range("Q" &intervalo_f + 1 & "").FormulaR1C1 = "=IF(AND(MOD(RC[-7],R" &i& "C6)=0,R" &i& "C7-RC[-1]>0),R" &i& "C7-RC[-1],0)"
```

```
Range("Q" &intervalo_f + 1 & ":Q" &seriehistorica& "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Range("G8") = Cells(i, 7)
```

i = i + 1

Wend

Application.CutCopyMode = False

Range("A1").Select

Sheets("Datos").Cells(sku, 23) = Range("G8")

Sheets("Resultado").Cells(sku, 13) = Range("G6")

Sheets("Resultado").Cells(sku, 14) = Range("G7")

Sheets("Resultado").Cells(sku, 15) = Range("G9")

Next sku

Sheets("Resultado").Select

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

A4. Macro VBA - Modelo Periódico baseado em Previsão

```
Sub previsao()
```

```
Dim row As Integer
```

```
Dim leadtime As Integer
```

```
Dim historico As Integer 'intervalo de revisao dos parametros
```

```
Dim rg As Range
```

```
Dim seriehistorica As Integer
```

```
Dim plan_previsao As String
```

```
Application.ScreenUpdating = False
```

```
    For sku = 1 + 3 To 12 + 3
```

```
        Sheets("Previsão").Select
```

```
        'Aplicar os parâmetro de cada SKU
```

```
        Range("C5") = Sheets("Dados").Cells(sku, 10)
```

```
        Range("C6") = Sheets("Dados").Cells(sku, 6)
```

```
        Range("C8") = Sheets("Dados").Cells(sku, 9)
```

```
        Range("C14") = Sheets("Dados").Cells(sku, 21)
```

```
        'Atualizar os valores da demanda
```

```
        row = Range("J4").End(xlDown).row
```

```
        Range("K4:V" & row & "").ClearContents
```

```
        Sheets("Dados").Select
```

```
            Set rg = Range("AC1")
```

```
        rg.Offset(sku - 1, 0).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Copy
```

```
Sheets("Previsão").Range("M4").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,  
SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=True
```

```
Sheets("Previsão").Select
```

```
'Auxiliar dos parametros do historico
```

```
seriehistorica = Range("C7") + 3
```

```
leadtime = -Range("C6")
```

```
periodorev = Range("C8")
```

```
'Construindo a tabela (dados não previsão)
```

```
Range("K56").FormulaR1C1 = "=R[" & leadtime - 1 & "]C[9]"
```

```
Range("L56").FormulaR1C1 = "=R[-1]C[6]+RC[-1]"
```

```
Range("Q56").FormulaR1C1 = "=IF(RC[-4]>RC[-5],RC[-5],RC[-4])"
```

```
Range("R56").FormulaR1C1 = "=RC[-6]-RC[-1]"
```

```
Range("S56").FormulaR1C1 = "=RC[-1]+SUM(R[" & leadtime & "]C[1]:R[-1]C[1])"
```

```
Range("T56").FormulaR1C1 = "=MAX(SUM(R[1]C[-6]:R[" & -leadtime +  
periodorev & "]C[-6])+R16C3-RC[-1],0)"
```

```
Range("U56").FormulaR1C1 = "=RC[-2]+RC[-1]"
```

```
Range("V56").FormulaR1C1 = "=MAX(0,RC[-4]/AVERAGE(R[-13]C[-9]:R[-1]C[-  
9]))"
```

```
Range("K56:L" & seriehistorica & "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Range("Q56:V" & seriehistorica & "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Range("L56") = Range("C5")
```

```
'Construindo a tabela (dadosprevisão)
```

```
plan_previsao = Sheets("Dados").Cells(sku, 12)
```

```
If plan_previsao = "MMD" Then
```

```
    Call previsao_mmd
```

```
    Sheets("MMD").Select
```

```
    Range("H8:I" & -leadtime + seriehistorica + 4 & "").Select
```

```
    Selection.Copy
```

```
    Sheets("Previsão").Select
```

```
    Range("N4").Select
```

```
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
```

```
    Else
```

```
        Call previsao_set
```

```
    Sheets("SET").Select
```

```
    Range("F8:G" & -leadtime + seriehistorica + 4 & "").Select
```

```
    Selection.Copy
```

```
    Sheets("Previsão").Select
```

```
    Range("N4").Select
```

```
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=False
```

```
    End If
```

```
Range("P" & -leadtime + 56 & "").FormulaR1C1 = "=STDEV(RC[-1]:R[" & -leadtime& "]"C[-1])"
```

```
Range("P" & -leadtime + 56 & ":P" & seriehistorica + leadtime & "").Select
```

```
Selection.FillDown
```

```
Application.CutCopyMode = False
```

```
Range("A1").Select
Sheets("Resultado").Cells(sku, 10) = Range("G6")
Sheets("Resultado").Cells(sku, 11) = Range("G7")
Sheets("Resultado").Cells(sku, 12) = Range("G9")
    Next sku
Sheets("Resultado").Select
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

A5. Macro VBA - Método de Previsão de Demanda Média Móvel Dupla (MMD)

```
Sub previsao_mmd()
```

```
Dim n As Integer
```

```
Dim lead_revisao As Integer
```

```
Dim seriehistorica As Integer
```

```
Dim rg As Range
```

```
'For sku = 1 + 3 To 12 + 3
```

```
' For n = 2 To 15
```

```
    'Limpa dados anteriores
```

```
    Sheets("MMD").Select
```

```
    Range("C8:J8").Select
```

```
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
```

```
    'Cola demanda
```

```
    Range("B8").Select
```

```
    Sheets("Dados").Select
```

```
    Set rg = Range("AC1")
```

```
    rg.Offset(sku - 1, 0).Select
```

```
    Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Copy
```

```
    Sheets("MMD").Range("C8").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,  
    SkipBlanks _
```

```
    :=False, Transpose:=True
```

```
    Sheets("MMD").Select
```

```
'Atribui as variaveis
```

```
lead_revisao = Range("H7")
```

```
seriehistorica = Range("E4")
```

```
Range("C4") = Sheets("Dados").Cells(sku, 14)
```

```
n = Range("C4")
```

```
'Formulas
```

```
Cells(n + 7, 4).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[-" & n - 1 & "]C[-1]:RC[-1])"
```

```
Cells(n + n + 7, 5).FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[-" & n - 1 & "]C[-1]:RC[-1])"
```

```
Cells(n + n + 7, 6).FormulaR1C1 = "=2*RC[-2]-RC[-1]"
```

```
Cells(n + n + 7, 7).FormulaR1C1 = "=2/(" & n & "-1)*(RC[-3]-RC[-2])"
```

```
Cells(n + n + 7 + lead_revisao, 8).FormulaR1C1 = "=MAX(R[-" & lead_revisao & "]C[-2]+R[-" & lead_revisao & "]C[-1]*" & lead_revisao & ",0)"
```

```
Cells(n + n + 7 + lead_revisao, 9).FormulaR1C1 = "=RC[-1]-RC[-6]"
```

```
Cells(n + n + 7 + lead_revisao, 10).FormulaR1C1 = "=IF(RC[-7]=0,RC[-1]/100,RC[-1]/RC[-7])"
```

```
' Reaplicando formulas
```

```
Range("D" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("E" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("F" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("G" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("H" & seriehistorica + 7 + 13 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("I" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Range("J" & seriehistorica + 7 & "").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).FillDown
```

```
Cells(n + 6, 13) = Range("J4")
```

```
    ' Next n
```

```
Sheets("Dados").Select
```

```
Sheets("Dados").Cells(sku, 13) = Sheets("MMD").Range("J4")
```

```
'Next sku
```

```
End Sub
```

A6. Macro VBA - Método de Previsão de Demanda Suavização Exponencial com Tendência (SET)

```
Sub previsao_set()
```

```
Dim rg As Range
```

```
Dim lead_revisao As Integer
```

```
Dim seriehistorica As Integer
```

```
'For sku = 1 + 3 To 12 + 3
```

```
'Limpa dados anteriores
```

```
Sheets("SET").Select
```

```
Range("C8:H8").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).ClearContents
```

```
'Cola novos valores
```

```
Range("B8").Select
```

```
Sheets("Dados").Select
```

```
Set rg = Range("AC1")
```

```
rg.Offset(sku - 1, 0).Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Copy
```

```
Sheets("SET").Range("C8").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone,  
SkipBlanks _
```

```
:=False, Transpose:=True
```

```
'Aplica as fórmulas de base e tendencia
```

```
Sheets("SET").Select
```

```
Range("C4") = Sheets("Dados").Cells(sku, 16)
```

```
Range("C5") = Sheets("Dados").Cells(sku, 17)
```

```
Range("D59") = Sheets("Dados").Cells(sku, 18)
```

```
Range("E59") = Sheets("Dados").Cells(sku, 19)
```



```
seriehistorica = Range("E4")
```

```
Range("D60").FormulaR1C1 = "=(R4C3*RC[-1])+(1-R4C3)*(R[-1]C+R[-1]C[1])"
```

```
Range("E60").FormulaR1C1 = "=R5C3*(RC[-1]-R[-1]C[-1])+(1-R5C3)*R[-1]C"
```

```
Range("D" & 52 + 8 & ":E" & seriehistorica + 7 & "").FillDown
```

```
'Aplica as fórmulas de previsão e erro
```

```
Range("F73").FormulaR1C1 = "=MAX(R[-13]C4+R7C*R[-13]C5,0)"
```

```
Range("G73").FormulaR1C1 = "=RC[-1]-RC[-4]"
```

```
Range("H73").FormulaR1C1 = "=IF(RC[-5]=0,RC[-1]/100,RC[-1]/RC[-5])"
```

```
Range("F73:F" & seriehistorica + 7 + 13 & "").FillDown
```

```
Range("G73:H" & seriehistorica + 7 & "").FillDown
```

```
Sheets("Dados").Select
```

```
Sheets("Dados").Cells(sku, 15) = Sheets("SET").Range("H4")
```

```
'Next sku
```

```
End Sub
```

Anexo B

B1. Compilado das simulações da recalibração (Parte I)

de Sto		Histórico		Recalibração		26		52			
Ende	onal	den	4	13	26	52	4	13	26	52	
0%	0	3%	2,7%	2,7%	2,9%	2,7%	2,7%	2,3%	2,4%	2,6%	
		5%	2,8%	2,7%	2,8%	2,9%	2,7%	2,7%	2,5%	3,0%	
		10%	2,7%	2,9%	2,6%	2,7%	2,8%	2,8%	2,6%	2,7%	
		20%	2,6%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	3,2%	
	0,1	3%	4,5%	4,4%	5,0%	5,7%	4,4%	4,5%	4,3%	4,7%	
		5%	4,5%	4,4%	5,2%	5,8%	4,4%	4,5%	4,1%	4,5%	
		10%	4,0%	4,0%	4,5%	5,3%	3,5%	3,5%	3,5%	4,1%	
		20%	3,2%	3,6%	3,8%	3,8%	2,9%	3,0%	3,2%	2,9%	
	0,2	3%	5,3%	5,4%	6,4%	7,0%	4,6%	4,6%	5,0%	4,6%	
		5%	5,1%	5,0%	6,1%	7,1%	4,7%	4,5%	4,6%	4,4%	
		10%	5,0%	4,9%	5,5%	6,2%	4,4%	4,3%	4,4%	5,0%	
		20%	4,3%	4,0%	4,9%	5,6%	3,8%	3,4%	4,1%	3,8%	
	0,5	3%	7,0%	6,8%	8,7%	9,4%	4,7%	5,1%	5,1%	7,7%	
		5%	7,0%	6,7%	8,8%	9,6%	5,5%	6,0%	4,9%	5,5%	
		10%	6,7%	6,7%	8,4%	9,7%	4,6%	5,1%	5,5%	5,7%	
		20%	6,2%	6,5%	7,7%	8,9%	4,9%	4,8%	4,7%	5,7%	
10%	0%	3%	7,4%	6,7%	8,0%	9,3%	9,0%	8,9%	8,5%	10,0%	
		5%	5,3%	5,2%	6,7%	7,5%	6,4%	6,7%	6,3%	8,3%	
		10%	3,6%	3,5%	4,0%	5,5%	3,8%	4,3%	5,2%	6,3%	
		20%	3,2%	3,3%	4,0%	3,6%	3,2%	3,6%	3,4%	3,8%	
	10%	3%	5,3%	5,2%	6,2%	7,8%	5,5%	5,6%	6,2%	7,1%	
		5%	5,1%	4,9%	5,6%	8,2%	5,2%	5,7%	6,0%	7,2%	
		10%	4,3%	4,6%	5,2%	6,7%	4,7%	4,9%	5,1%	6,3%	
		20%	3,5%	3,5%	4,2%	4,5%	3,7%	3,8%	4,0%	4,5%	
	20%	3%	5,4%	5,2%	6,0%	8,3%	5,3%	5,2%	5,5%	6,2%	
		5%	5,2%	5,3%	6,6%	8,2%	5,2%	5,3%	5,5%	5,8%	
		10%	4,8%	4,8%	5,7%	7,5%	4,8%	5,1%	5,5%	6,0%	
		20%	4,3%	4,5%	5,2%	6,0%	4,1%	4,2%	4,3%	4,6%	
	50%	3%	6,8%	6,8%	8,5%	10,4%	6,0%	5,5%	5,5%	7,3%	
		5%	6,7%	6,9%	8,5%	10,2%	5,3%	5,7%	6,0%	6,8%	
		10%	6,7%	6,3%	8,0%	9,5%	5,3%	5,9%	5,7%	5,7%	
		20%	6,1%	6,0%	7,6%	8,2%	4,9%	4,9%	4,8%	6,9%	
20%	0%	3%	8,5%	8,9%	8,2%	10,0%	9,5%	10,0%	9,5%	10,3%	
		5%	6,5%	6,8%	7,8%	7,7%	6,8%	7,5%	7,9%	8,6%	
		10%	4,6%	4,5%	5,3%	6,6%	5,6%	6,1%	5,8%	7,5%	
		20%	3,7%	3,7%	3,9%	4,5%	3,7%	3,6%	4,3%	5,2%	
	10%	3%	5,9%	6,2%	7,0%	8,8%	6,7%	7,3%	7,3%	9,2%	
		5%	5,3%	5,2%	6,4%	8,2%	6,0%	5,8%	6,5%	8,5%	
		10%	4,5%	4,8%	5,8%	8,1%	5,3%	5,8%	5,2%	7,4%	
		20%	3,6%	4,0%	4,0%	5,6%	3,8%	4,3%	4,6%	5,3%	
	20%	3%	5,3%	5,8%	6,5%	8,7%	5,5%	6,1%	6,0%	7,5%	
		5%	5,3%	5,5%	6,5%	7,7%	5,7%	5,9%	5,9%	7,8%	
		10%	4,8%	5,4%	6,1%	8,5%	5,5%	5,3%	5,8%	6,7%	
		20%	4,1%	4,4%	5,0%	6,0%	4,3%	4,5%	5,0%	5,8%	
	50%	3%	6,4%	6,5%	7,9%	9,8%	5,8%	6,5%	6,2%	6,6%	
		5%	6,2%	6,5%	8,0%	9,5%	5,9%	5,9%	6,3%	6,5%	
		10%	5,7%	6,3%	7,7%	9,3%	5,7%	5,7%	5,8%	6,1%	
		20%	5,3%	6,0%	6,9%	8,4%	5,0%	5,7%	5,5%	5,4%	
50%	0%	3%	8,7%	9,7%	9,7%	10,4%	10,0%	10,2%	9,9%	10,6%	
		5%	8,2%	8,4%	8,3%	9,8%	8,9%	9,0%	9,3%	10,1%	
		10%	5,5%	5,1%	7,0%	8,0%	7,4%	7,8%	7,3%	7,7%	
		20%	3,7%	4,4%	4,3%	5,5%	5,0%	4,7%	6,2%	6,5%	
	10%	3%	7,7%	7,9%	8,9%	10,5%	8,6%	9,1%	9,2%	10,3%	
		5%	6,6%	6,9%	8,5%	10,1%	8,4%	8,7%	8,1%	9,8%	
		10%	4,9%	5,6%	5,7%	7,9%	5,6%	7,3%	8,0%	8,7%	
		20%	3,8%	4,3%	4,7%	6,3%	5,0%	4,7%	5,3%	7,7%	
	20%	3%	5,9%	6,4%	7,9%	10,3%	6,5%	7,1%	8,5%	9,4%	
		5%	6,2%	6,3%	7,4%	9,0%	6,9%	7,2%	6,8%	9,2%	
		10%	5,0%	5,1%	6,5%	9,2%	6,0%	6,6%	7,1%	9,2%	
		20%	4,4%	4,2%	5,1%	7,6%	4,7%	5,3%	6,1%	6,9%	
	50%	3%	5,8%	6,0%	7,8%	9,2%	5,9%	6,5%	7,5%	9,1%	
		5%	5,9%	5,9%	7,5%	10,8%	6,0%	6,3%	7,2%	8,5%	
		10%	5,7%	5,8%	7,0%	9,4%	5,6%	6,2%	6,6%	8,4%	
		20%	5,2%	5,5%	6,4%	9,3%	5,3%	5,5%	5,8%	7,2%	

B2. Compilado das simulações da recalibração (Parte II)

a de Stoc			Histórico ☒ Recalibraç ☐							
endê	zonal	dem	104				156			
			4	13	26	52	4	13	26	52
0%	0	3%	2,5%	2,5%	2,3%	2,5%	2,4%	2,5%	2,3%	2,6%
		5%	2,8%	2,3%	2,8%	2,7%	2,7%	2,9%	2,7%	2,4%
		10%	2,5%	2,8%	2,6%	2,5%	2,5%	2,5%	2,4%	2,5%
		20%	2,6%	2,4%	2,7%	2,7%	2,5%	2,5%	2,6%	2,5%
		3%	4,6%	4,5%	4,3%	4,5%	4,5%	4,3%	4,3%	4,5%
		5%	4,1%	4,0%	4,1%	4,0%	4,2%	4,2%	4,3%	3,9%
		10%	3,4%	3,2%	3,5%	3,2%	3,5%	3,4%	3,4%	3,6%
		20%	2,7%	2,8%	2,8%	3,0%	2,9%	3,0%	2,9%	2,7%
	0,1	3%	4,3%	4,3%	4,5%	4,2%	4,3%	4,4%	4,5%	4,2%
		5%	4,5%	4,3%	4,3%	4,3%	4,4%	4,7%	4,4%	4,5%
		10%	4,2%	3,9%	4,4%	4,0%	4,2%	4,0%	3,8%	4,0%
		20%	3,3%	3,7%	3,5%	3,4%	3,6%	3,7%	3,4%	3,4%
	0,2	3%	4,5%	4,5%	4,4%	4,5%	4,3%	4,3%	4,4%	4,4%
		5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,4%
		10%	4,7%	4,6%	4,6%	4,5%	4,5%	4,6%	4,6%	4,3%
		20%	4,5%	4,7%	4,3%	4,4%	4,5%	4,1%	4,7%	4,2%
	0,5	3%	4,5%	4,5%	4,4%	4,5%	4,3%	4,3%	4,4%	4,4%
		5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,4%
		10%	4,7%	4,6%	4,6%	4,5%	4,5%	4,6%	4,6%	4,3%
		20%	4,5%	4,7%	4,3%	4,4%	4,5%	4,1%	4,7%	4,2%
10%	0%	3%	9,7%	9,0%	9,7%	9,6%	10,0%	10,2%	10,3%	10,5%
		5%	8,5%	7,7%	7,6%	8,7%	8,3%	8,9%	8,4%	9,3%
		10%	5,3%	5,7%	7,2%	7,8%	6,8%	7,0%	7,1%	7,2%
		20%	4,1%	4,0%	4,7%	5,1%	4,4%	4,9%	5,7%	6,6%
	10%	3%	6,3%	6,5%	6,8%	7,8%	7,2%	7,5%	7,3%	9,2%
		5%	6,2%	6,2%	6,6%	7,8%	6,9%	7,2%	7,0%	7,7%
		10%	5,8%	5,5%	5,7%	7,0%	5,9%	6,1%	6,8%	7,2%
		20%	4,1%	3,8%	4,7%	4,7%	4,6%	4,9%	4,6%	6,0%
	20%	3%	5,5%	5,5%	6,6%	6,4%	6,3%	5,7%	6,6%	6,4%
		5%	5,3%	6,0%	6,2%	6,5%	6,0%	5,8%	6,2%	7,6%
		10%	5,0%	5,5%	5,3%	5,6%	5,8%	5,8%	5,8%	6,4%
		20%	4,4%	4,2%	4,5%	4,8%	4,7%	5,5%	5,3%	5,5%
	50%	3%	5,2%	5,3%	5,5%	5,7%	5,5%	5,5%	5,8%	6,1%
		5%	5,2%	5,4%	5,4%	5,7%	5,6%	5,3%	5,7%	6,0%
		10%	5,3%	5,2%	5,5%	5,6%	5,6%	5,7%	5,7%	6,0%
		20%	4,7%	4,7%	5,2%	5,2%	5,6%	5,2%	5,6%	5,2%
20%	0%	3%	10,2%	10,1%	10,2%	10,7%	10,2%	10,5%	10,7%	11,3%
		5%	8,6%	9,8%	10,0%	8,5%	10,0%	9,9%	10,0%	10,0%
		10%	7,5%	6,7%	6,6%	9,2%	9,3%	8,0%	8,9%	8,9%
		20%	5,6%	5,5%	5,8%	6,0%	6,7%	7,2%	8,1%	7,3%
	10%	3%	8,6%	9,3%	8,7%	10,0%	8,9%	9,1%	9,0%	10,2%
		5%	7,5%	7,7%	7,4%	8,8%	8,1%	8,5%	9,8%	10,5%
		10%	6,7%	7,2%	7,2%	8,9%	8,8%	8,5%	9,0%	8,7%
		20%	4,8%	5,5%	5,5%	6,1%	6,7%	5,7%	7,4%	8,7%
	20%	3%	5,3%	6,8%	7,2%	8,8%	7,8%	8,2%	8,5%	9,2%
		5%	6,2%	6,9%	7,0%	9,2%	7,8%	7,8%	7,3%	8,3%
		10%	6,0%	6,2%	6,4%	7,9%	6,7%	6,4%	7,4%	8,6%
		20%	4,8%	5,4%	6,7%	6,3%	5,8%	6,0%	6,8%	8,3%
	50%	3%	5,6%	5,7%	6,3%	6,3%	6,0%	6,7%	7,1%	6,8%
		5%	5,7%	5,7%	6,2%	6,4%	6,3%	6,4%	6,7%	7,3%
		10%	5,4%	5,8%	6,3%	6,0%	6,1%	6,3%	7,0%	6,9%
		20%	5,7%	5,3%	5,8%	6,2%	5,8%	6,0%	7,0%	7,0%
50%	0%	3%	10,3%	10,3%	11,2%	11,8%	11,6%	12,0%	12,7%	13,2%
		5%	9,3%	9,6%	10,8%	11,3%	11,3%	11,3%	11,9%	13,3%
		10%	8,8%	9,1%	9,8%	9,8%	10,2%	10,5%	11,2%	12,0%
		20%	7,4%	6,8%	8,4%	9,0%	8,8%	8,8%	9,8%	10,7%
	10%	3%	9,0%	9,0%	11,3%	12,8%	10,4%	11,2%	11,4%	12,0%
		5%	8,6%	9,6%	10,4%	9,4%	10,4%	11,1%	10,9%	10,9%
		10%	9,0%	8,0%	8,5%	10,9%	9,8%	10,3%	10,1%	11,8%
		20%	5,8%	7,2%	9,1%	8,9%	9,2%	7,9%	9,9%	9,7%
	20%	3%	8,2%	9,6%	10,7%	11,7%	10,1%	9,9%	9,7%	11,8%
		5%	8,2%	9,2%	7,8%	10,7%	9,2%	10,0%	10,2%	11,7%
		10%	8,8%	8,7%	9,2%	9,6%	9,8%	9,7%	10,6%	12,1%
		20%	7,0%	6,4%	7,2%	10,0%	9,4%	9,8%	9,6%	10,7%
	50%	3%	7,0%	7,3%	8,1%	9,6%	8,4%	7,8%	8,3%	11,0%
		5%	6,6%	7,7%	8,1%	8,8%	7,6%	8,8%	9,7%	10,4%
		10%	6,5%	6,8%	7,9%	8,2%	8,3%	8,9%	9,6%	10,7%
		20%	6,3%	6,5%	6,4%	8,8%	7,8%	8,5%	9,0%	8,9%