

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

SUSAN KEREN ALENCAR RUFINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PREVISÃO DE DEMANDA E
DESENVOLVIMENTO DE UMA POLÍTICA DE ESTOQUES EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS**

**DOURADOS
2016**

SUSAN KEREN ALENCAR RUFINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PREVISÃO DE DEMANDA E
DESENVOLVIMENTO DE UMA POLÍTICA DE ESTOQUES EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção da
Faculdade de Engenharia da Universidade
Federal da Grande Dourados.
Orientador: Prof. M.e Rodolfo Benedito da
Silva

DOURADOS
2016

SUSAN KEREN ALENCAR RUFINO DA SILVA

**APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PREVISÃO DE DEMANDA E
DESENVOLVIMENTO DE UMA POLÍTICA DE ESTOQUES EM UMA INDÚSTRIA
DE VIDROS TEMPERADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

Orientador: Prof. M.e Rodolfo Benedito da Silva
FAEN – UFGD

Prof. Dra. Fabiana Raupp

Prof. M.e Carlos Comparotti

Dourados-MS, de abril de 2016.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S586a Alencar Rufino da Silva Bittar, Susan Keren
Aplicação de método de previsão de demanda e desenvolvimento de uma política de estoques em uma indústria de vidros temperados / Susan Keren
Alencar Rufino da Silva Bittar -- Dourados: UFGD, 2016.
58f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Rodolfo Benedito da Silva

TCC (graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia,
Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Previsão de demanda. 2. Gestão de estoques. 3. Indústria de vidros temperados. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor incondicional, pelo meu sustento durante os primeiros 3 anos de faculdade. Ao meu esposo, pela compreensão, amor e suporte nos piores e nos melhores momentos. Aos meus irmãos, pelo carinho, companheirismo e apoio sempre. Eu nada seria se não tivesse vocês para dividir tudo isso comigo. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, autor da minha vida que sempre me ajudou, iluminando meu caminho e me dando força para vencer em meio a tantas dificuldades.

Agradeço aos meus pais, Luiz Augusto e Valci, pela confiança depositada a mim e pelo sustento durante esses anos, pelas orações, sem vocês eu não teria conseguido.

Agradeço ao meu querido esposo, Ari Fernando, meu amigo e parceiro de todas as horas, com quem divido meus dias e minha vida, que chorou comigo e se alegrou também durante essa longa jornada, me sustentando financeiramente e espiritualmente.

Agradeço aos meus irmãos, Israel e Suellen, pela compreensão nos dias de ausência, pela paciência, orações, apoio e companheirismo sempre, por nunca terem me desanimado.

À todos os professores pelos ensinamentos, ao meu orientador Rodolfo que me ajudou muito com seus conhecimentos para a realização desse trabalho.

Às minhas queridas amigas que sempre estiverem comigo, entendendo minha ausência e se alegrando com cada vitória conquistada.

Por fim, agradeço a todos que participaram de alguma forma para que este momento tão incrível e esperado chegasse.

Muito Obrigada!

RESUMO

A previsão de demanda fornece informações que possibilitam as empresas fazer o planejamento de estratégias para suas áreas funcionais. Além disso, a utilização de métodos acurados auxilia o processo gerencial de análise e tomada de decisões, possibilitando que as empresas se destaquem em um mercado competitivo. Um dos maiores problemas associados ao uso de previsões de demanda no apoio à tomada de decisões, é a escolha do método de previsão a ser implementado, pois cenários distintos, necessitam de métodos de previsão distintos, para que as previsões sejam confiáveis e esteja de acordo com as características mais específicas de cada empresa. Este trabalho tem por objetivo analisar e propor um método quantitativo de previsão de demanda para séries temporais, que minimize os erros de previsão para produtos de classe A, que representam mais de 80% do faturamento da empresa, selecionados através da classificação ABC de produtos. Em análise conjunta, será desenvolvido um sistema de gestão de estoques para a empresa. A pesquisa realizada foi exploratória, bibliográfica, onde se procedeu a um estudo de caso com a finalidade de aplicação. No desenvolvimento deste trabalho, selecionou-se uma categoria de produtos da empresa através da classificação ABC, aplicou-se os métodos de previsão mais conhecidos existentes na literatura a fim de encontrar o mais acurado. Os métodos quantitativos de previsão de séries temporais empregados foram a Média Móvel Ponderada, Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial - método de Holt, Suavização Exponencial - método de Winters multiplicativo e aditivo. Os dois métodos escolhidos foram: o método de Winters Aditivo para o produto F1 e método de Winters Multiplicativo para o produto F2, pois apresentaram melhor acurácia que os demais. O sistema de gestão de estoques escolhido é o da Revisão Contínua, para os produtos de classe A, pois possibilitam melhor controle a fim de evitar a falta (*stockout*), de produtos considerados críticos para empresa.

Palavras-chave: Previsão de demanda; Gestão de estoques; Indústria de vidros temperados.

ABSTRACT

Demand forecast provides informations possible as companies making strategies planning your functional areas. In addition, the use of accurate methods helps the management process analysis and decision making, allowing that as companies stand out in competitive market. one of major problems associated when use demand forecasts do not support the decision making, and choice implemented forecast method be scenarios distinct, require distinct forecasting methods for what, how reliable predictions be and is in according to specific features more of each company. This has work to analyze and proportionality one method demand forecasting quantitative paragraph Time series, minimize forecast errors of class products A, which represent more than 80% of the company billing, selected through the ABC products classification. In joint analysis, developed hum inventory management system for company. A survey conducted was exploratory, bibliographical, where we proceeded to one case study for the purpose of application. Without this development work, we selected a company products category through the ABC classification was applied forecasting methods more known in the literature of an end find more accurate. The quantitative methods of time series forecast employees were a weighted Média Móvel Ponderada, Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial - método de Holt, Suavização Exponencial - método de Winters multiplicativo e aditivo. The two methods chosen were: method Winters Aditivo for product F1 and method Winters Multiplicativo for product F2, as showed higher diagnostic accuracy than others. The management system of stocks chosen and the continuous review, class products A, as they allow for best end control avoid missing (*stockout*) of products considered critics for this company.

Keywords: Demand forecasting; Inventory management; Glass industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Padrões de demanda regular e irregular.....	17
Figura 2 - Classificação dos métodos de previsão de vendas.....	19
Figura 3 - Sequência de execução de uma pesquisa Delphi.....	21
Figura 4 - Amplitude dos ciclos sazonais da forma aditiva e multiplicativa.....	26
Figura 5 - Classificação ABC.....	32
Figura 6 - Sistema Q quando demanda e lead time são constantes e certos.....	34
Figura 7- Sistema Q quando a demanda é incerta.....	34
Figura 8 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção.....	37
Figura 9 - Etapas da metodologia.....	38
Figura 10 - Fluxo de informações da empresa.....	40
Figura 11 - Mapa do processo.....	41
Figura 12 - Curva ABC.....	45
Figura 13 - Vendas em m ² de F1.....	46
Figura 14 - Suplemento Solver do Microsoft Excel.....	47
Figura 15 - Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade – Métodos Aditivo.....	49
Figura 16 - Vendas em m ² de F2.....	50
Figura 17 - Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade – Método Multiplicativo.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Erros dos modelos de previsão de F1.....	47
Tabela 2 – Erros dos modelos de previsão de F2.....	49
Tabela 3 – Dados de F1.....	51
Tabela 4 – Dados de F2.....	52
Tabela 5 – Comparação de resultados.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Problema de pesquisa	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivo Específico	14
1.3 Justificativa	14
1.4 Estrutura do trabalho	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. Previsão de demanda	16
2.2 Técnicas de previsão de demanda	18
2.2.1 Técnicas qualitativas de previsão	19
2.2.2 Técnicas quantitativas de previsão	21
2.3 Medidas de acurácia	28
2.4 Gestão de estoques	30
2.4.1 Classificação ABC	31
2.5 Modelo de revisão periódica	32
2.6 Modelo de revisão contínua	34
3. METODOLOGIA	37
4. ESTUDO DE CASO.....	39
4.1 Apresentação da empresa	39
4.2 Processo produtivo	40
4.3 Coleta e processamento de dados.....	43
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	45
5.1 Definição dos produtos a serem analisados	45
5.2 Análise e seleção do método de previsão para F1	46
5.3 Análise e seleção do método de previsão para F2.....	50
5.4. Sistema de revisão de estoques	52
5.5 Sugestão de política de gestão de estoque.....	53
6. CONCLUSÃO	55
BIBLIOGRAFIA	57

1. INTRODUÇÃO

Segundo Moreira (2002), planejar é uma atividade comum a qualquer tipo de empresa, independentemente do tamanho ou ramo a que se dedique e engloba todas as áreas da organização de maneira formal ou informal. O ponto de partida inicial para todo planejamento empresarial é a previsão da demanda, não como uma meta de vendas, mas para estabelecer estimativas futuras dos produtos acabados produzidos e comercializados dando subsídios para gestão de estoque quanto ao consumo de material.

A gestão da demanda, segundo Tubino (2009), é uma interface entre a produção e o mercado, está inserida no planejamento e controle de produção e tem por objetivo administrar os pedidos dos clientes através de técnicas de previsões no curto, médio e longo prazo, planejando a produção com base em informações históricas de vendas, percepção de mercado e planejamento de estratégias.

Na visão de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), as previsões são úteis e importantes para diversos setores da organização, sendo que na administração da cadeia de suprimentos são utilizadas para coordenação com seus clientes e fornecedores. No departamento financeiro, as previsões são usadas para projetar fluxos de caixa. Já no departamento de operações, as previsões são usadas para planejar níveis de estoques dos produtos, compras de serviços e materiais, mão de obra, cronogramas de produção e capacidade de longo prazo.

O gerenciamento de estoques deve estar alinhado à previsão de demanda para proporcionar a empresa uma coordenação das áreas funcionais, a fim de evitar informações divergentes. Esses problemas podem ser encontrados nas empresas que utilizam grande volume de estoque, onde as informações ficam prejudicadas e frequentemente apresentam problemas no fluxo de dados (BERTAGLIA, 2003).

Segundo Wanke (2008), o estágio da cadeia de suprimentos onde está localizado o estoque pode ser caracterizado por diferentes atributos da operação como, a visibilidade da demanda e o tempo de resposta. A interação entre essas duas características da operação, pode levar a tomada de decisão em gestão de estoques com base nas previsões de vendas ou com base na demanda real.

No entanto, para as empresas que operam com margem de lucro relativamente baixa, a gestão insatisfatória de estoques pode enfraquecer significativamente os negócios. O desafio então, não é reduzir os estoques até o final para reduzir os custos e nem ter estoques de sobra para atender a demanda, mas ter a quantidade correta para alcançar as prioridades

competitivas da empresa de modo mais eficaz. Esse tipo de eficiência pode ocorrer apenas se a quantidade certa de estoque estiver circulando através da cadeia de valor (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Diante deste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de modelos de previsão de demanda em conjunto com o desenvolvimento de uma política de gestão de estoques em uma indústria de vidros temperados situada na cidade de Dourados-MS.

1.1 Problema de pesquisa

Um dos principais problemas encontrados na empresa em estudo, é a falta de uma previsão de vendas eficiente. Isso tem afetado negativamente algumas áreas funcionais da empresa que dependem dessas informações para a gestão e o planejamento de estratégias. Sem ter outra alternativa, para obtenção de informações confiáveis, recorrem ao conhecimento da gerência. Essa forma de previsão, tem gerado problemas no balanceamento do nível de estoque de produtos de maior faturamento, que quando solicitados, tem estado em falta (*stockout*), enquanto que para outros produtos, há excesso de estoque (*overstock*).

Na ocorrência de um *stockout*, a reposição da matéria prima pode levar dias ou até semanas, impactando no nível de serviço da empresa e até mesmo impedindo o fornecimento de produtos para os clientes. Diante disso, a pesquisa irá responder os seguintes questionamentos:

- A empresa adota um sistema estruturado de previsão de demanda?
- Esse sistema é eficaz para o gerenciamento das operações de estoque da empresa?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é estruturar o processo de previsão de demanda como parte do processo de compra da empresa em estudo. Em conjunto com o processo de previsão será desenvolvido um sistema de gerenciamento de estoques adequado às características da empresa.

1.2.2 Objetivo Específico

Dentre os objetivos específicos têm-se:

- Coletar e analisar os dados históricos da demanda fornecidos pela empresa;
- Realizar a classificação ABC dos produtos;
- Analisar o padrão da demanda histórica dos produtos de classe A;
- Escolher um modelo de previsão mais acurado para cada produto de classe A;
- Propor um sistema de gerenciamento de estoques.

1.3 Justificativa

Para uma empresa ser competitiva, ela precisa se adaptar as rápidas mudanças do mercado, que constantemente desenvolvem novas tecnologias. Por isso as empresas recém consolidadas no mercado precisam recorrer a meios mais acessíveis para o gerenciamento eficiente de suas informações para coordenação de suas áreas funcionais (SILVA; MARTINS e MARTINS, 2007).

Estimar a demanda futura de bens e serviços é condição essencial para elaboração de um plano de trabalho que inclui o dimensionamento das capacidades envolvidas com a definição de equipamentos, dos recursos financeiros, da disponibilidade de mão-de-obra, redução de custos de manutenção de estoques entre outros (GONÇALVES, 2007).

Em contrapartida, um método de previsão inadequado pode gerar previsões imprecisas causando situações adversas e negativas para as empresas, como a dificuldade de atender a demanda imposta pelo mercado (previsões subdimensionadas), apresentando baixo nível de serviço, também é comum o dimensionamento de estoques excessivos (previsões superdimensionadas), aumentando o capital de giro da empresa e os custos de estoque. (WERNER; LEMOS; DAUDT, 2006).

Neste sentido, este trabalho se justifica pelo fato de que será possível desenvolver um conjunto de diretrizes para as decisões relativas às previsões de demanda e também para o desenvolvimento de um sistema de gestão de estoque que atenda às necessidades da empresa, proporcionando maior confiabilidade nas informações para o planejamento de estratégias que otimizem os processos e reduza custos.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho será organizado em seis capítulos, assim apresentados:

No primeiro capítulo, é apresentada a parte introdutória da pesquisa, onde o tema é inserido no contexto mais amplo. No problema de pesquisa, são apresentados os questionamentos que o estudo pretende responder, seguindo para os objetivos, que são apresentados face à literatura existente. Ainda neste capítulo, são apresentadas as justificativas da importância do tema de estudo e por fim, o capítulo é encerrado com a estrutura que se pretende organizar o trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada a fundamentação teórica, onde a bibliografia partirá de uma visão macro de previsão de demanda, passando por seus vários tipos de técnicas e medidas de acurácia, bem como fazendo a conexão, para uma abordagem conjunta aos sistemas de gestão de estoques. Este capítulo foi escrito e revisado, baseados em livros, estudos e publicações atualizadas e relevantes para a construção dessa pesquisa.

O terceiro capítulo, traz a metodologia com as características que classificam o trabalho, quanto a natureza, a abordagem, aos objetivos e os procedimentos adotados nessa pesquisa.

O quarto capítulo, aborda o protocolo de pesquisa, justificado pela metodologia de pesquisa selecionada, aborda também como se procedeu a coleta dos dados e os meios utilizados para a obtenção de informações. Por fim, este capítulo descreve as características da empresa em estudo.

O quinto capítulo, apresenta os resultados encontrados, bem como as recomendações de ordem prática para a implementação de um sistema de previsão de demanda acurado e um sistema de controle de estoques que se adequa às características da empresa.

Por fim, o sexto capítulo, apresenta as conclusões importantes, as dificuldades encontradas e os possíveis desdobramentos deste trabalho para investigações futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Previsão de demanda

A previsão de demanda é um processo racional de busca de informações baseados em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos acerca do valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens. A previsão fornece também informações sobre a qualidade e a localização dos produtos no futuro. Estabelecer a prática contínua de revisão facilita às organizações a elaboração de estratégias eficientes, mesmo que seja praticamente impossível obter previsões perfeitas (MOREIRA, 2002).

Na prática a previsão de vendas é essencial tanto para o planejamento corporativo de longo prazo como para a administração de áreas funcionais como utilização das máquinas de maneira adequada, reposição de materiais no momento e na quantidade certa, tomada de decisões periódicas na produção, incluindo seleção de fornecedores e processos, planejamento de capacidade, layout de equipamentos e instalações, decisões sobre compras, planejamento de produção, programação e estoque (JACOBS e CHASE, 2009).

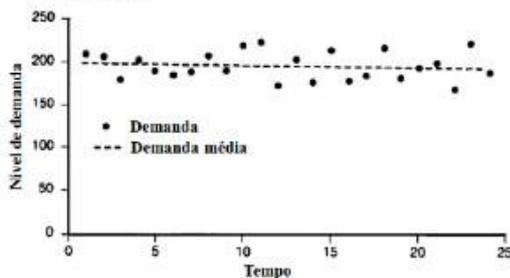
Previsões acuradas ajudam no desenvolvimento de estratégias para a operacionalização eficiente da produção e serviços, permitindo a identificação de prioridades, alocação de recursos e ainda a avaliação do método de previsão utilizado. Com base em previsões acuradas as empresas podem fazer o planejamento de expansão de capacidade, evitando assim perdas em vendas e estoque, também permite que, as mesmas, ofereçam altos níveis de serviço aos clientes e maiores informações de demandas aos fornecedores (KAHN, 2002).

A acurácia de uma previsão está ligada à habilidade ou capacidade do método em estimar valores futuros mais confiáveis e precisos. A acurácia da previsão depende de diversos fatores tais como: precisão dos dados de entrada do sistema, estabilidade no processo gerador dos dados, do horizonte de previsão, de flutuações de demanda e do método de previsão utilizado. Isso faz com que todo processo preditivo esteja suscetível a erros. Quanto mais o instável se apresentar a demanda, mais crítica é a precisão da previsão e mais elaborado é o sistema de previsão necessário (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

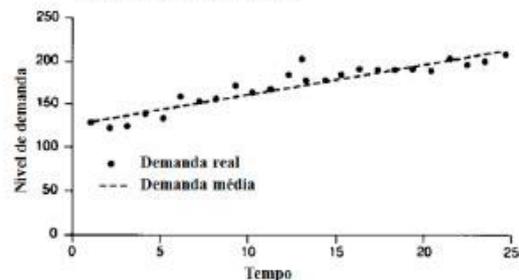
Segundo Ballou (2006), os padrões de demanda são resultados da variação da demanda com o tempo. Podem ser de demanda regular e de demanda irregular. Os padrões de demanda regular são: i) Nível, um patamar do volume de vendas desconsiderando variações

de sazonalidade e aleatoriedade; ii) Tendência, a demanda pode apresentar uma tendência crescente, estável ou decrescente; iii) Sazonalidade, que são flutuações da demanda de curto prazo que se repetem em intervalos constantes; iv) Aleatoriedade, a demanda apresenta componentes aleatórios que não podem ser previstos. A Figura 1 apresenta os padrões de demanda regular para uma série temporal (padrões a, b e c).

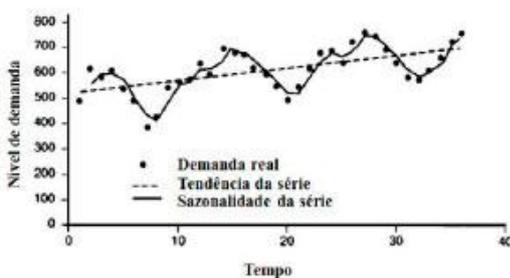
- a) Padrão de demanda regular com variação aleatória, sem tendência e sem elementos sazonais.



- b) Padrão de demanda regular com variação aleatória e com tendência, mas sem elementos sazonais.



- c) Padrão de demanda regular com variação aleatória, com tendência e elementos sazonais.



- d) Padrão de demanda irregular.

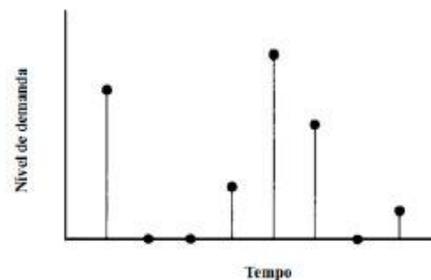


Figura 1: Padrões de demanda regular e irregular
Fonte: Ballou, 2006

Segundo Fusco e Sacomano (2007), a tendência representa o movimento gradual da demanda a longo prazo, causado nas vendas por fatores como mudanças em população, mudanças no desempenho mercadológico da empresa e aceitação dos produtos e serviços da empresa pelo mercado. A variação sazonal refere-se aos picos e vales da série de tempo que se repetem a cada 12 meses. Os fatores que causam essas variações podem ser: as mudanças climáticas, datas especiais, e a disponibilidade de produtos. A variação cíclica representa variações aleatórias de longo prazo (mais de um ano) no padrão da demanda. A variação residual, ou aleatória são as partes da demanda não explicada pelos demais componentes (BALLOU, 2006).

O padrão de demanda irregular (Figura 3d) ocorre quando o comportamento da demanda de alguns produtos se apresenta de maneira instável devido ao elevado grau de incerteza a respeito do momento e nível de ocorrência da demanda. Padrões de demanda

irregular são mais difíceis de prever e ocorrem por diversos motivos, tais como: o padrão de demanda é dominado por pedidos grandes de clientes não frequentes; a demanda pode ser derivada da demanda de outros produtos ou serviços; o padrão de demanda pode ser um resultado de dados excepcionais, fatores externos ou eventos especiais (BALLOU, 2006).

A demanda, ainda pode ser classificada com dependente e independente. A demanda dependente acontece quando a demanda por um produto ou serviço é ocasionada pela demanda de outro produto ou serviço, como é o caso de produtos semiacabados e componentes. Essa demanda pode ser determinada a partir de programas de produção para os itens de demanda independente (Ballou, 2006). A demanda independente o consumo não está em função de nenhum outro item, então não pode ser diretamente originada da demanda de outros produtos, como é o caso de produtos acabados (CORRÊA et al.,2012).

Os métodos de previsão dividem-se inicialmente em: modelos qualitativos, métodos quantitativos, baseados em séries históricas e métodos causais. Os métodos qualitativos de previsão, também chamados métodos intuitivos ou subjetivos, baseiam-se na experiência acumulada e conhecimento de especialistas que fazem suas previsões a partir de opiniões, estimativas e informações subjetivas sobre o resultado de eventos. Embora sejam muito usados em previsões, existem certas desvantagens, pois podem ser tendenciosos devido a incorporação de opiniões de entrevistados ou especialistas (SPEDDING e CHANN, 2000; SOARES, 2011).

Os métodos quantitativos se baseiam em de séries temporais como padrões de demanda do passado que prever a demanda no futuro, com tendências e sazonalidades definidas. Esses métodos são classificados basicamente em métodos de séries temporais e métodos causais, que tentam descobrir as variáveis que formam a demanda entendendo como elas se comportam através de análises estatísticas (LEMOS, 2006; SOARES, 2011).

Geralmente o sistema de previsão integra um método quantitativo com um método subjetivo, os quais agregam à tomada de decisão, consistência e flexibilidade, respectivamente (TAKEDA, 2012).

2.2 Técnicas de previsão de demanda

Segundo Ballou (2006), é possível classificar os métodos de previsão segundo critérios variados, pois são diferenciados pela precisão e acurácia de acordo com o horizonte de previsão, nível de sofisticação e base de dados que se faz necessária. Muitos métodos

podem ser utilizados na elaboração de previsões vendas, sendo estes divididos em duas categorias, as técnicas qualitativas e as técnicas quantitativas, como mostra a Figura 2:

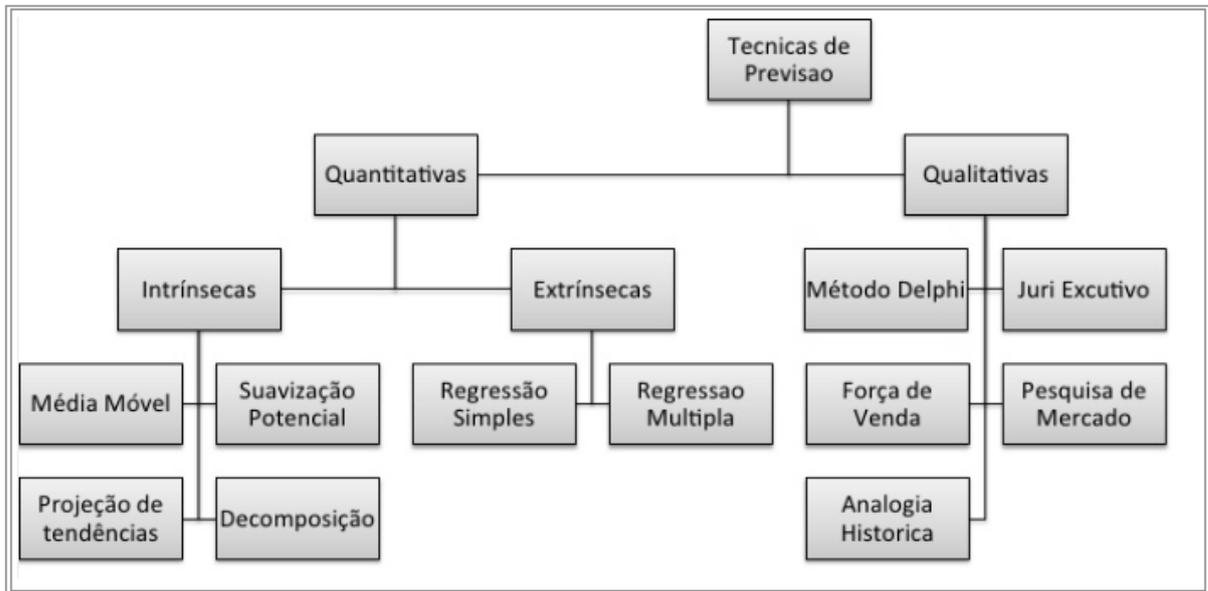


Figura 2 - Classificação dos métodos de previsão de vendas
Fonte: Corrêa e Corrêa, 2012

As características das técnicas de previsão de vendas serão apresentadas na próxima seção.

2.2.1 Técnicas qualitativas de previsão

Os métodos qualitativos de previsão podem ser utilizados para ajustar o arquivo dos dados históricos que será analisado por métodos quantitativos para reduzir o impacto de eventos do passado. Tais métodos fundamentam-se no julgamento de executivos, apreciação do pessoal de vendas e expectativas dos consumidores. Como diferentes indivíduos apresentam preferências distintas, esses métodos são vulneráveis a tendências que podem comprometer a confiabilidade de seus resultados. A escassa fundamentação teórica dessas previsões pode explicar, em grande parte, a baixa acurácia dos métodos qualitativos (MOREIRA, 2002).

Os métodos qualitativos são amplamente utilizados nas organizações, apesar de apresentar um baixo grau de precisão; mesmo com a difusão de métodos quantitativos mais avançados, impulsionada pelo avanço na capacidade de processamento e armazenamento de dados computacionais (Lemos, 2006). Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), as tendências qualitativas são:

- a) **Júri de executivos:** Uma previsão pode ser gerada por um grupo de altos executivos da empresa de diversas áreas como marketing, finanças, produção que se reúnem para desenvolver, previsões de longo prazo, a vantagem deste procedimento está na reunião de diferentes visões do assunto que pode levar a qualidade e precisão do assunto, a desvantagem é que uma pessoa pode exercer influência exagerada gerando resultado tendencioso.
- b) **Pesquisa de mercado:** Aborda o interesse do consumidor externo em um serviço ou produto, criando e testando hipóteses por meio de pesquisa e coleta de dados. A pesquisa inclui selecionar uma amostra representativa e aplicar um questionário, analisar as informações usando ferramentas estatísticas e de avaliação qualitativas para interpretar as respostas.
- c) **Analogia Histórica:** utiliza-se dados históricos de produtos similares nas previsões de vendas, para o planejamento de lançamento de novos produtos.
- d) **Método Delphi:** O método Delphi é um processo que consiste na obtenção de consenso de um grupo de especialistas opinando sobre um determinado assunto, mantendo seu anonimato. Um coordenador envia um questionário aos membros dentro de regras determinadas para a coleta e depuração de opiniões. Então o comitê Delphi entrega ao coordenador suas respostas, este por sua vez tabula as respostas e elabora um sumário das opiniões e distribui ao grupo, dando atenção àquelas opiniões divergentes da média do grupo, então os participantes são questionados se desejam rever suas previsões à luz dos novos resultados. Esse procedimento é repetido algumas vezes até que a equipe chegue a um consenso (MOREIRA, 2002).

O método Delphi é muito utilizado para prever cenários prováveis no futuro e tem apresentado bons resultados na identificação de pontos de mudança. As vantagens desse método é que permite opiniões pessoais sem que haja interações dentro do grupo, evitando assim distorções dos resultados; porém o método também apresenta desvantagens, pois é muito sensível à qualidade do instrumento de coleta de opiniões (Wright e Giovinazzo, 2000). A Figura 3 apresenta a sequência de passos para execução de uma pesquisa Delphi:

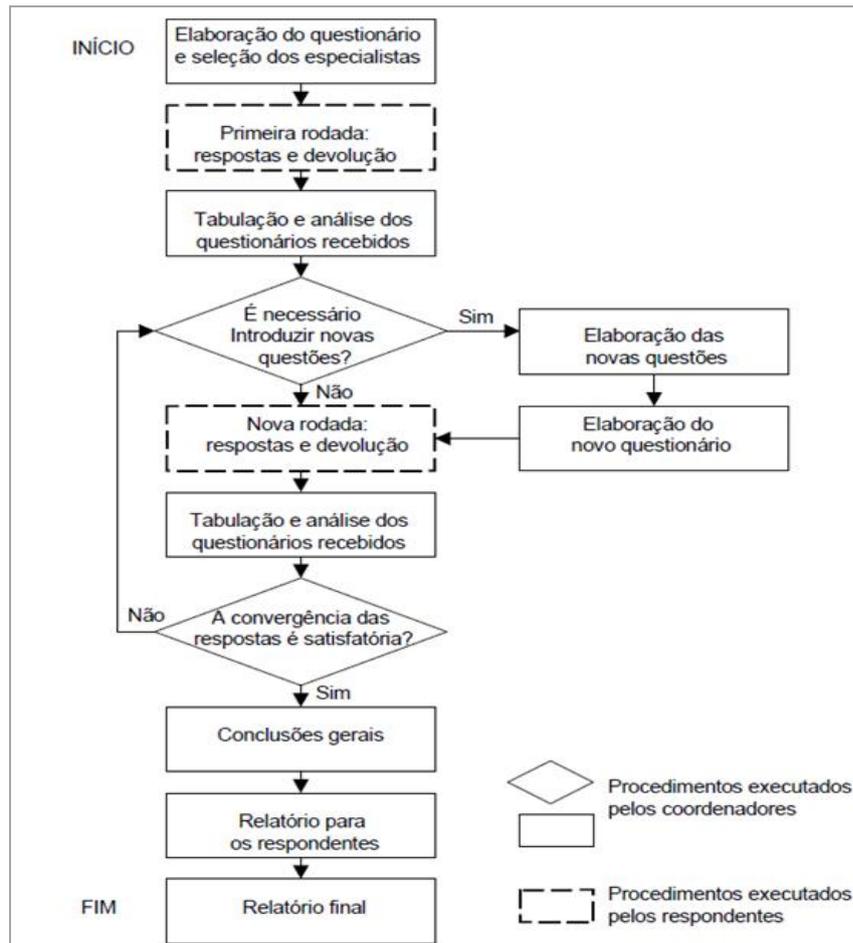


Figura 3 - Sequência de execução de uma pesquisa Delphi
 Fonte: Wright e Giovinazzo, 2000

2.2.2 Técnicas quantitativas de previsão

Métodos quantitativos apresentam processos bem definidos para a análise dos dados, possibilitando previsões idênticas com diversas replicações do método. Essa técnica analisa comportamentos que ocorreram no passado, através de dados históricos para projetar o futuro e podem ser divididos em modelos de séries temporais e modelos causais (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Os modelos de séries temporais identificam padrões nos dados históricos para tentar descrever o comportamento da demanda na elaboração das previsões. Para isso levam em consideração os componentes das séries temporais, tais como: Nível, que representa o comportamento da demanda, se não tivesse qualquer outro componente; Tendência, é o crescimento ou declínio da série a médio ou longo prazo; Sazonalidade, comportamento periódico que se repete no tempo; ciclo, semelhante à sazonalidade, que reflete as flutuações

ocorridas e repetidas a cada três anos ou mais; aleatoriedade, variações causadas por eventos particulares e não recorrentes (WANKE, 2008).

Já os modelos causais, identificam e se preocupam em compreender as variáveis que interferem na demanda, são utilizados para qualquer horizonte de previsão, mas são mais indicados para previsões de médio e longo prazo. Os modelos causais mais conhecidos são: modelos de regressão linear simples e regressão múltipla (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

As desvantagens das técnicas quantitativas é que geralmente necessitam de muitos dados históricos para gerar as previsões, e por não conseguirem lidar com mudanças dinâmicas e estruturais dos dados das séries temporais (Spedding e Chann, 2000). Os métodos baseados em séries temporais são apresentados a seguir:

- Média móvel

O método de média móvel, é muito utilizado nas empresas, necessitam de poucos dados históricos e é conhecido por sua facilidade de implementação e manutenção. Este método é recomendado para previsões de curto prazo e para dados históricos que não possuem irregularidades como tendência e sazonalidade (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

As desvantagens do modelo de média móvel estão ligadas a falta de acurácia quando trabalhada com base séries históricas que apresentem sazonalidade ou tendência pois a previsão para um próximo período envolve a adição de novos dados e a desconsideração de dados anteriores. Geralmente utiliza-se a média ponderada para amenizar esse erro e tentar construir um padrão mais real através da ponderação gradual dentro da média. A desvantagem na utilização da média móvel ponderada é a necessidade de conhecimento para determinar os pesos a serem utilizados (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

- Média Móvel Simples

A média móvel simples assume que a estimativa do futuro é dada pela média simples da demanda total dos dados de um dado número de períodos (n). O resultado dessa média é a própria previsão para o próximo período. A demanda prevista pode ser obtida através da Equação 1 (PASCHOALINO, 2009):

$$MMn = \sum_{i=1}^n \frac{Ri}{n} \quad (1)$$

Onde:

$i = n^\circ$ de ordem de cada um dos períodos mais recentes utilizados para apurar a média móvel;

$n = n^\circ$ de períodos (pontos de dados) da média móvel;

$Ri =$ valor real no período i ;

$MMn =$ valor da previsão, segundo uma média móvel de n períodos.

Esta técnica pode ser útil na identificação de uma tendência dentro da flutuação dos dados, mas possui desvantagens pois os elementos devem ser sempre movidos, para as previsões do próximo período exige-se adição de dados recentes desconsiderando os mais antigos (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2008).

- Média Móvel Ponderada

Segundo Jacobs e Chase (2009), o método da média móvel ponderada é uma variação do modelo anterior em que os valores dos períodos mais próximos recebem peso maior, contanto que a soma de todos os pesos seja igual a 1.

A média é obtida multiplicando-se o peso de cada período (exemplos, 0,50,0,30 e 0,20) pelo valor para esse período, e somando-se os produtos:

$$F_{t+1} = 0,50D_t + 0,30D_{t-1} + 0,20D_{t-2} \quad (2)$$

Onde:

$F_{t+1} =$ previsão para o período $t+1$;

$D_t =$ demanda real no período t ;

$D_{t-1} =$ demanda real no período $t-2$.

Esse método permite enfatizar demanda recente e relação à anterior, portanto a previsão será mais responsiva a alterações da média básica da série de demanda que a previsão média móvel simples. Contudo a previsão da média móvel ponderada fica atrasada em relação a demanda porque calcula somente a média de demandas passadas. Essa

defasagem é perceptível com uma tendência porque a média da série temporal está sistematicamente aumentando ou diminuindo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

- Suavização Exponencial

Segundo Morettin e Tolo (2006), a suavização exponencial assim como os modelos auto regressivos integrados de média móvel não consideram variações causais. O método de suavização visa identificar o padrão da série, através da suavização dos seus extremos, que representam a aleatoriedade.

O método de suavização exponencial aplica uma média ponderada nas observações de uma série temporal e atribui pesos diferentes às observações, valorizando os dados mais atuais (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

As maiores vantagens dos métodos de suavização são sua simplicidade, baixo custo, rapidez e confiabilidade nas previsões, até mesmo naqueles sistemas que apresentam vasta gama de itens a serem trabalhados (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Os métodos de previsão de demanda que aplicam suavização exponencial se dividem em: (i) Suavização Exponencial Simples; (ii) Suavização Exponencial Linear de *Holt*; e (iii) Método de *Holt-Winters* (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

- Suavização Exponencial Simples

Segundo Ballou (2006), “a suavização exponencial simples possui a capacidade de se adaptar às mudanças fundamentais nos dados de previsão. Nela, as observações passadas não recebem peso igual, ou seja, as observações mais recentes são sempre mais bem cotadas do que as mais antigas”. A Equação 3 apresenta como é dada a previsão através desta técnica.

$$P_t = P_{t-1} + \alpha (R_{t-1} - P_{t-1}) \quad (3)$$

Onde:

P_t = previsão para o período t ;

P_{t-1} = previsão para o período $t - 1$;

α = coeficiente de ajustamento;

R_{t-1} = demanda real ou vendas reais para o período $t - 1$.

Quanto maior o valor constante de ponderação e suavização (α), mais sensível estará o modelo de previsão para reagir a uma variação real da demanda. A constante está limitada ao intervalo entre 0 e 1. No entanto, quanto maior este valor, as previsões estarão mais sujeitas às variações aleatórias da demanda. Por outro lado, quanto menor o valor, as previsões poderão estar defasadas em relação à demanda real (TUBINO, 2009).

- Suavização Exponencial com Tendência – método linear de *Holt*

O método de Holt, é utilizado para séries que apresentam tendência, que pode ser entendida como um acréscimo ou decréscimo na média da série ao longo do tempo. O método emprega duas constantes de suavização, α e β que possuem valores entre 0 (zero) e 1 (um), sendo representadas pelas equações a seguir (LUSTOSA et al., 2008).

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = Lt + b_{tm} \quad (4)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (6)$$

Onde:

F_{t+m} = previsão para período $t + m$ (horizonte de previsão);

L_t = estimativa do nível da série temporal no período t ;

b_t = estimativa de tendência da série temporal no período t ;

m = períodos a frente que se deseja obter previsões ($m = 1, 2, 3, \dots$);

Y_t = demanda real ou vendas reais para o período t ;

α e β = constantes de suavização.

Assim como na suavização exponencial simples, este método requer valores iniciais estimados do nível e da tendência, L_0 e T_0 respectivamente. Para o cálculo pode se iniciar igualando o L_0 ao último valor observado na série temporal e calcular uma média da declividade nas últimas observações para T_0 . Uma outra forma de cálculo é a regressão linear simples aplicada aos dados da série temporal, onde se obtém o valor da declividade da série temporal e de L_0 em sua origem (MANCUZO, 2003).

- Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade - método de *Holt-Winters*

Esse modelo descreve dados de demanda onde se verifica, além de um componente de sazonalidade, a ocorrência de tendência linear. Os modelos de Holt-Winters dividem-se em dois grupos: aditivo e multiplicativo. No modelo aditivo, a amplitude da variação sazonal é constante ao longo do tempo. No modelo multiplicativo, a amplitude da variação sazonal aumenta ou diminui como função do tempo (MANCUZO, 2003).

Estes fenômenos podem ser melhor compreendidos através da Figura 4, que apresenta tal comportamento para a forma aditiva e multiplicativa do modelo de Winters.

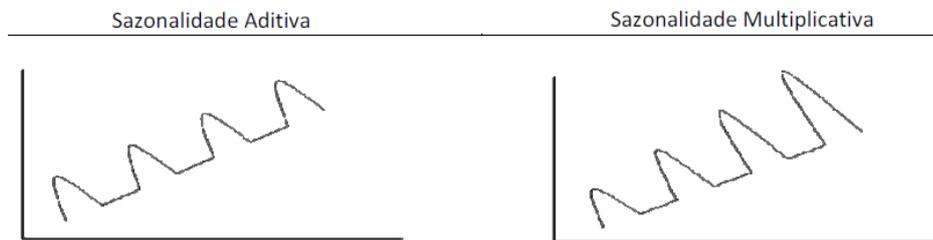


Figura 4 - Amplitude dos ciclos sazonais da forma aditiva e multiplicativa
Fonte: Yamanoto, 2007

Segundo Makridakis *et al* (2008), o método de Holt-Winters fundamenta-se em três equações de suavização, uma para o nível, uma para a tendência, e uma para a sazonalidade, e é dividido em dois tipos diferentes, um que trata a sazonalidade de forma aditiva e outro que a modela de forma multiplicativa. Sua representação matemática pode expressa pela equação (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = (L_t + b_{tm}) S_{t-s+m} \quad (7)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (8)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (9)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (10)$$

Onde:

F_{t+m} = previsão para período $t + m$ (horizonte de previsão)

L_t = representa o nível da série temporal;

b_t = estimativa da tendência;

S_t = é o componente sazonal;

m = períodos a frente que se deseja obter previsões ($m = 1, 2, 3, \dots$);

Y_t = demanda real ou vendas reais para o período t ;

s = intervalo de sazonalidade;

α , β e γ = constantes de suavização (com valores entre 0 e 1).

O modelo aditivo de Winters é utilizado na modelagem de dados sazonais onde a amplitude do ciclo sazonal permanece constante como o passar do tempo. As equações do método aditivo são observadas abaixo (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = (L_t + b_{tm}) S_{t-s+m} \quad (11)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (12)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (13)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (14)$$

Os valores iniciais de L_t e b_t são calculados de forma idêntica ao modelo multiplicativo. Já os componentes sazonais são calculados da seguinte forma:

$$S_1 = z_1 - L_s, S_2 = z_2 - L_s, \dots, S_s = z_s - L_s \quad (15)$$

- Modelos Causais

Os métodos dos modelos causais se preocupam em identificar e compreender as variáveis dependentes e independentes que interferem na demanda, buscando analisar os fatores que influenciam de alguma forma a demanda de um produto.

Esses modelos são bastante sofisticados e podem ser utilizados para qualquer horizonte de previsão de demanda, mas são mais indicados para previsões de médio e longo prazo. Os modelos de regressão linear simples e múltipla são os mais conhecidos no processo de previsões (Makridakis; Wheelwright; Hyndman, 1998). Os modelos causais não serão abordados profundamente neste trabalho por que não constituem o foco do estudo.

2.3 Medidas de acurácia

As previsões para a demanda de um produto contêm um número de fatores muito complexos para ser precisamente descrito em um modelo, então quase sempre, as previsões contêm erros.

O erro de previsão para um período de tempo dado é a diferença entre o valor observado e o que foi previsto em um determinado período t , conforme a equação abaixo (SOARES, 2008):

$$e_t = D_t - F_t \quad (16)$$

Onde:

e_t = erro de previsão no período t ;

D_t = valor da demanda real no período t ;

F_t = valor da previsão no período t .

Erros de previsão (desvios) positivos denotam que a demanda superou a previsão. Desvios negativos significam que a previsão superou a demanda (Lustosa *et al.*, 2008). O somatório dos erros é calculado pelas medidas de acurácia, na comparação de modelos. As medidas de acurácia serão detalhadas na próxima seção.

- **Erro Absoluto Médio ou *Mean Absolute Error* (MAE);**

O Erro Absoluto Médio (*Mean Absolute Errors* – MAE) é o erro médio nas previsões em termos de valores absolutos. Seu cálculo é feito utilizando-se as diferenças entre a demanda real e as previsões, sem considerar o sinal. Portanto, o MAE é igual à soma dos desvios absolutos dividida pelo número total de períodos, como mostrado na Equação 17 (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |D_t - F_t| \quad (17)$$

Onde:

n = número de observações;

D_t = valor da demanda real no período t ;

F_t = valor da previsão no período t .

O Erro Absoluto Médio é de grande relevância, pois mede a dispersão ou variação, dos valores observados em torno dos valores esperados (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2008).

- **Erro Quadrático Médio ou *Mean Squared Error* (MSE);**

O Erro Médio Quadrático (Mean Squared Error – MSE) é a média dos erros de previsão elevados ao quadrado, calculado conforme a seguinte equação (TAKEDA, 2012):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2 \quad (18)$$

Onde:

n = número de observações;

D_t = valor da demanda real no período t ;

F_t = valor da previsão no período t .

Quanto menor o MSE, mais precisa é a previsão. O MSE por sua importância teórica para a estatística e por sua facilidade computacional tem sido muito utilizada a nível de comparação de desempenho de métodos de previsão (LAWRENCE; KLIMBERG; LAWRENCE, 2009).

- **Erro Percentual Absoluto Médio ou *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).**

Conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o Erro Percentual Médio Absoluto (*Mean Absolute Percent Error* – MAPE), faz uma relação do erro de previsão no nível de demanda e é muito utilizado na análise do desempenho da previsão sob uma perspectiva apropriada.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| * 100 \quad (19)$$

Onde:

D_t = demanda real para o período t ;

F_t = previsão para o período t ;

n = número total de períodos.

O MAPE resulta da média dos erros percentuais absolutos das previsões. Nele, os erros percentuais são somados em módulo. O erro percentual tem um apelo gerencial e é comumente utilizado em previsões. Quanto menor o MAPE, melhor é a previsão (SWAMIDASS, 2000).

2.4 Gestão de estoques

Segundo Chase, Jacobs e Aquilano (2008), as organizações mantêm estoques para vender, fornecer insumos ou suprimentos para processos produtivos. Esses estoques geralmente, são classificados como matérias primas, produtos acabados, peças componentes, suprimentos e estoque em processo.

BALLOU (2006), afirma que se a demanda de uma empresa for previsível, ela não necessitará de estoques, e se essa previsão for precisa o processo de controle de estoques será mais simples. No entanto, devido à dificuldade de se obter previsões mais exatas, as empresas optam pelos estoques para minimizar os efeitos das variações de oferta e procura.

Segundo Chase, Jacobs e Aquilano (2008), o gerenciamento do estoque envolve um conjunto de políticas de controles que fazem o planejamento da matéria prima ao cliente final, monitorando os níveis de estoque, custos de manutenção, disponibilidade e determinando os níveis de serviço. Os autores levantaram as causas que faz com que as empresas mantenham um suprimento de estoque, (incluindo as operações JIT):

- i) **Manter a independência e flexibilidade das operações:** o suprimento de materiais tanto nos centros de trabalho como na linha de montagem, permite a flexibilidade nas operações e redução de *lead times*, uma vez que os *lead times* mais curtos sejam compensados pelos *lead times* mais longos;
- ii) **Cumprir a variação na demanda de um produto:** visto que a demanda nem sempre é completamente conhecida, um estoque de segurança precisa ser mantido para absorver as variações;
- iii) **Permitir a flexibilidade na programação da produção:** o estoque alivia a pressão no sistema de produção para fazer com que os produtos saiam;
- iv) **Proporcionar uma garantia no tempo de entrega da matéria - prima:** pode haver atrasos no fornecimento;

v) **Aproveitar o tamanho do pedido econômico de compra:** existem custos para fazer pedidos, mas os fornecedores oferecem descontos de acordo com o tamanho do pedido de compra, reduzindo assim os custos de pedidos.

De acordo com Arnold (1999), o estoque representa de 20% a 60% dos ativos totais no balanço patrimonial das empresas e à medida que vão sendo utilizado seu valor se converte em dinheiro o que aumenta o fluxo de caixa e o retorno sobre o investimento. Porém uma boa gestão de estoque deve saber balancear o estoque de modo que não trabalhe com excesso de estoque, que aumentam os custos, nem com sua escassez para que não deixe de garantir o produto ao cliente.

Na próxima seção serão apresentadas ferramentas que auxiliam o controle e a otimização de estoques.

2.4.1 Classificação ABC

A técnica ABC é uma forma de classificação de itens de estoque em três grupos, baseados no seu valor total anual de uso. A técnica tem como finalidade definir qual tipo de sistema de controle é ideal para cada grupo, resultando em um sistema total mais eficiente em custos. A forma prática da aplicação de análise ABC, obtém-se por ordenação dos itens em função do seu valor relativo, classificando-os em três grupos chamados A, B e C, conforme a seguir (CORRÊA, GIANESI, CAON, 2012):

- i) Classe A: os itens A são os principais itens de valor elevado, que requerem maior investimento e possuem alta importância no processo produtivo. Portanto, recebem controle rigoroso.
- ii) Classe B: os itens B são de valor intermediário. Requerem um controle menos rigoroso.
- iii) Classe C: os itens C, de menor valor relativo. Requerem um controle apenas rotineiro.

Segundo Assaf Neto (2009), os itens classificados no grupo A representam em média 15% do volume do estoque e 80% do investimento. Os itens do grupo B representam 35% do volume do estoque e 17% do investimento, enquanto os itens do grupo C representam 50% do volume do estoque e 3% do investimento, conforme a Figura 5.

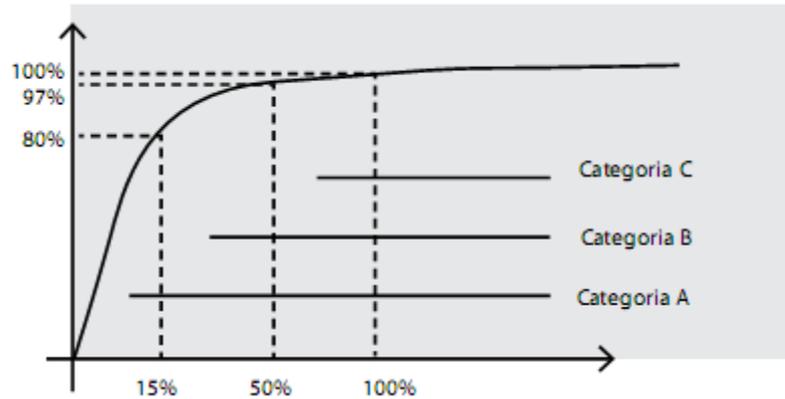


Figura 5 - Classificação ABC
 Fonte: Assaf Neto, 2009

2.5 Modelo de revisão periódica

O modelo de revisão periódica é um sistema alternativo, pois sugere a colocação de pedidos a intervalos de tempo regulares e fixos, e não continuamente. Assim se estabelece uma rotina onde o nível de estoque é checado, por exemplo, no final de cada semana ou mês, para reabastecimento. Calcula-se o nível do estoque para suprir a demanda entre a colocação do pedido de reabastecimento e a chegada do pedido seguinte de reabastecimento (Almeida, 2007). De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), essa abordagem caracteriza-se por ser mais simples, mas sacrifica o uso de uma quantidade de pedido fixa (e ótima).

BALLOU (2006) aponta outra desvantagem, no método do ponto de reposição leva-se em consideração apenas as flutuações da demanda durante o prazo no cálculo do estoque de segurança, visto que no modelo de revisões periódicas há a necessidade de se criar uma proteção contra as flutuações da demanda durante o intervalo entre os pedidos além daquelas ocorridas durante o *lead time* de entrega.

O modelo de revisão periódica avalia o nível de estoque em períodos constantes de tempo. O nível de suprimento é uma quantidade de material que atenda a demanda durante o intervalo de revisão para colocação do pedido mais o *lead time* de reposição. Ainda é adicionado o estoque segurança. A Equação 20 dimensiona o nível de suprimento (NS):

$$NS = \bar{D} \times (IR + TR) + ES \quad (20)$$

Onde:

\bar{D} = demanda média;

IR = intervalo de revisão para colocação do pedido;

TR = *lead time* de reposição;

ES = estoque de segurança.

O tamanho do lote de compra (LC) a ser pedido ao final de cada intervalo de revisão para colocação do pedido (IR) é a diferença entre o nível de suprimento diminuído da quantidade remanescente de estoque físico (EF) (WANKE, 2008).

$$LC = NS - EF \therefore LC = \left[\bar{D} \times (IR + TR) + ES \right] - EF \quad (21)$$

Onde:

\bar{D} = **demanda média;**

TR = *lead time* de ressuprimento;

IR = intervalo de revisão para colocação do pedido;

ES = estoque de segurança;

EF = estoque físico;

NS = nível de suprimento.

O cálculo do estoque de segurança (ES), garante que não haja falta de material durante o intervalo de ressuprimento mais o tempo de ressuprimento. No sistema de revisão periódica, o estoque de segurança pode ser calculado pela Equação 22.

$$ES = Z \times \sqrt{IR + TR} \times \sigma_D \quad (22)$$

Onde:

Z = número de desvios padrão;

TR = *lead time* de ressuprimento;

IR = intervalo de revisão para colocação do pedido;

σ_D = desvio padrão da demanda.

O sistema de revisão periódica apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem é que permite o agrupamento de materiais para a compra e a desvantagem é que exige estoques de segurança maiores para um mesmo nível de serviço (PEINADO; GRAEML, 2007).

2.6 Modelo de revisão contínua

Um sistema de revisão contínua (Q) ou sistema ROP (*Reorder Point System* – sistema de ponto de reposição) rastreia o estoque restante de um produto a cada vez que o nível de estoque cai e atinge uma quantidade predeterminada (ponto de reposição PR), sendo que um novo pedido é realizado e uma quantidade fixa Q é solicitada. Nesse sistema, embora a quantidade de pedido Q do item seja fixa, o tempo entre pedidos pode variar. O nível de estoque continua decrescendo durante o *lead time* de entrega (tempo transcorrido entre cada colocação de um pedido e o recebimento do mesmo) (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2008).

A Figura 6 representa o funcionamento deste sistema, quando a demanda e o *lead time* são constantes e certos.

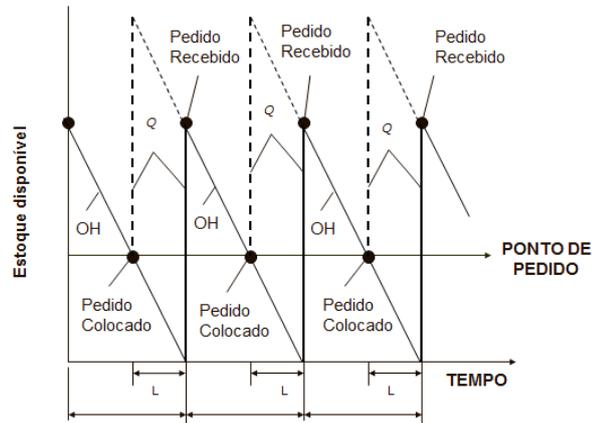


Figura 6 - Sistema Q quando demanda e lead time são constantes e certos
Fonte: Adaptado de Krajewski; Ritzman; Malhotra, 2009

A Figura 7 representa o funcionamento deste sistema, quando a demanda é variável:

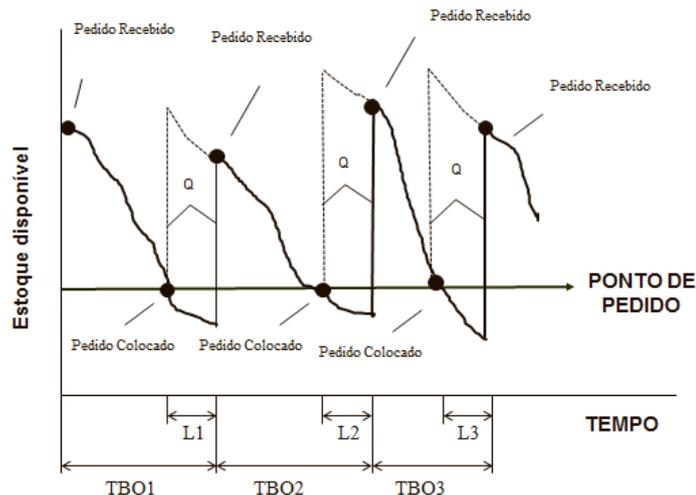


Figura 7- Sistema Q quando a demanda é incerta
Fonte: Adaptado de Krajewski; Ritzman; Malhotra, 2009

O ponto de reposição (PR) pode ser calculado conforme apresentado pela seguinte equação (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009):

$$PR = (\bar{D} \times TR) + ES \quad (23)$$

Onde:

\bar{D} = demanda média;

TR = *lead time* de reposição.

O estoque de segurança (ES) pode ser calculado quando a demanda é variável e o *lead time* é constante, conforme apresentado pela seguinte equação (PEINADO; GRAEML, 2007):

$$ES = Z \times \sqrt{TR} \times \sigma_D \quad (24)$$

Onde:

Z = número de desvios padrões;

TR = *lead time* de reposição;

σ_D = desvio padrão da demanda.

O estoque de segurança (ES) pode ser calculado também quando a demanda é constante e o *lead time* é variável, conforme apresentado pela seguinte equação (PEINADO; GRAEML, 2007):

$$ES = Z \times \bar{D} \times \sigma_{TR} \quad (25)$$

Onde:

Z = número de desvios padrões;

\bar{D} = demanda média no período;

σ_{TR} = desvio padrão do *lead time*.

E por fim o estoque de segurança (ES) pode ser calculado também quando a demanda e o *lead time* são variáveis, conforme apresentado pela Equação 26 (PEINADO; GRAEML, 2007).

$$ES = Z \times \sqrt{(\overline{TR} \times \sigma_D^2) + (\overline{D}^2 \times \sigma_{TR}^2)} \quad (26)$$

Onde:

Z = número de desvios padrões;

TR = *lead time* de reposição;

\overline{D} = **demanda média no período;**

σ_D = desvio padrão da demanda;

σ_{TR} = desvio padrão do *lead time*.

O sistema de revisão contínua apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem é que estoque de segurança será menor pois visa eliminar a falta de material apenas durante o tempo de reposição. A desvantagem é que por conta da variação de datas de compra é difícil agrupar materiais para serem comprados de uma única vez (PEINADO; GRAEML, 2007).

3. METODOLOGIA

Quanto aos procedimentos metodológicos de pesquisa, utilizou-se a classificação proposta por Miguel (2010), como pode ser verificada na Figura 8.

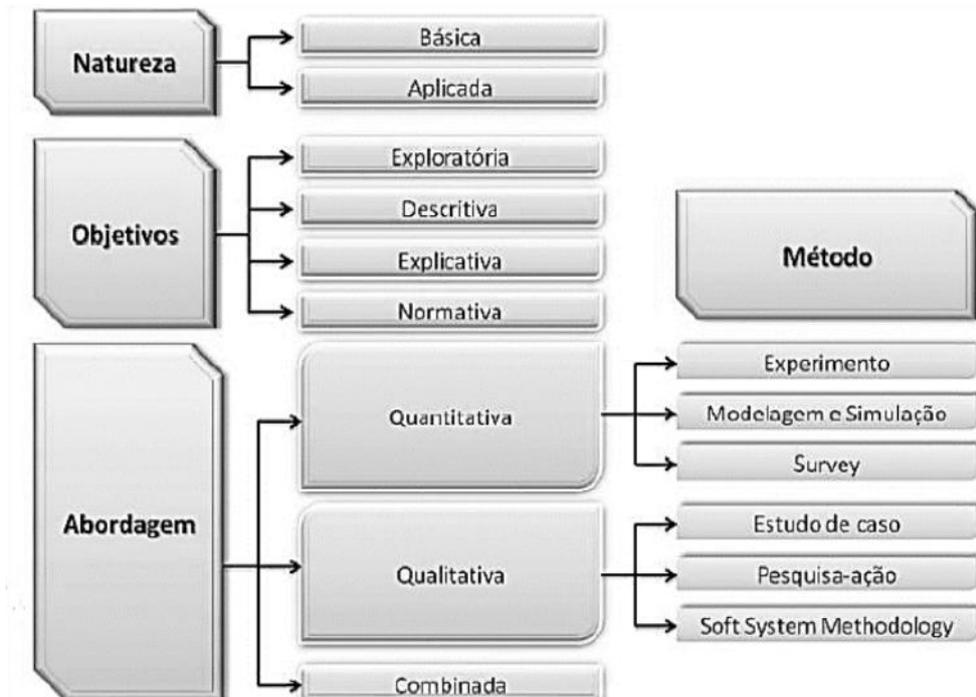


Figura 8 - Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção
Fonte: Miguel, 2010

A pesquisa realizada é caracterizada, quanto à natureza, como, uma pesquisa aplicada. Este tipo de pesquisa objetiva gerar conhecimentos visando à aplicação prática em uma determinada situação, atendendo interesses e verdades locais (GIL, 2008).

Quanto a abordagem, a pesquisa realizada, pode ser classificada como quantitativa-qualitativa. Qualitativa porque a interpretação de alguns dos itens estudados e parte da análise, não podem ser traduzidos em números. A pesquisa também teve uma abordagem quantitativa, pois muitos dados foram quantificados e informações traduzidas em números, exigindo o uso de recursos e técnicas estatísticas.

Quanto aos objetivos, a pesquisa foi classificada como exploratória. Na visão de Andrade (2001), uma pesquisa exploratória visa proporcionar maiores informações sobre o assunto em estudo, facilitar a delimitação do tema em trabalho, definir os objetivos ou formular as hipóteses da pesquisa ou descobrir um novo enfoque para o trabalho que se deseja desenvolver, assume as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

Quanto aos procedimentos adotados, estão a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. A pesquisa bibliográfica estabelece o contato direto entre o pesquisador e tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre um assunto, propiciando o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem (Marconi e Lakatos, 2010). O estudo de caso apresenta como característica, o estudo aprofundado de um ou de poucos objetos, de modo a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado (GIL, 2008).

As etapas realizadas para execução do trabalho são mostradas na Figura 9.

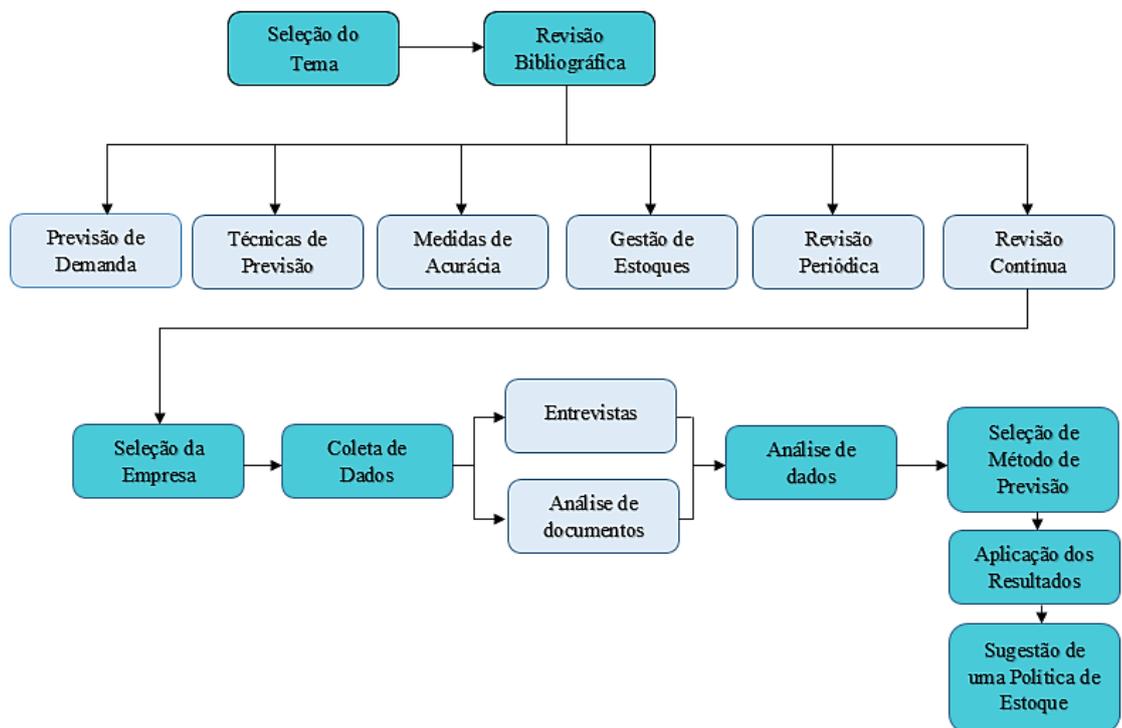


Figura 9 - Etapas da metodologia

Após selecionado o tema, o trabalho iniciou-se com estudo bibliográfico no qual abordou-se Previsão de demanda, Técnicas de Previsão, Medidas de Acurácia, Gestão de Estoques, Revisão Periódica e Revisão Contínua. Esse estudo visou um entendimento amplo e estruturado de processos de previsão de demanda e sistemas de gestão de estoques.

Posteriormente, realizou-se a coleta dos dados na empresa selecionada. Em seguida, os dados históricos de demanda foram analisados utilizando o *Microsoft Excel* para a seleção de um método de previsão.

Ao final do processo, discutiu-se os resultados encontrados e apresentou-se uma proposta para um sistema de gerenciamento de estoque mais adequado à realidade da empresa.

4. ESTUDO DE CASO

Este tópico foi estruturado de maneira a buscar uma simetria com a revisão teórica. Entretanto, foram feitas algumas alterações a fim de buscar melhor compreensão lógica do conteúdo.

Ao final desta seção será apresentada algumas sugestões de melhorias para auxiliar a empresa na coordenação de duas de suas áreas funcionais, através de método de previsão de demanda e uma política de gestão de estoques.

4.1 Apresentação da empresa

A empresa objeto de estudo deste trabalho tem sede em Dourados – MS. Foi fundada em 2008 e, desde então, vem atuando de maneira forte e competitiva no segmento da construção civil, beneficiando e distribuindo grande variedade de vidros em cinco estados brasileiros. É considerada uma empresa de pequeno porte, com uma fábrica 11.000 m² de área construída, com instalações e equipamentos modernos, contando com mais de cinquenta colaboradores, um centro de distribuição e duas lojas físicas.

Os produtos da empresa são distribuídos em cinco estados brasileiros, além do mercado local. A empresa trabalha com altos padrões de qualidade e possui o certificado de conformidade do INMETRO para o vidro temperado, que hoje é o carro chefe da empresa devido ao grande número de vendas.

O vidro temperado, é fabricado a partir do vidro *float* convencional, por isso possui todas as suas características tais como transparência, coloração e paralelismo nas faces. É produzido através de tratamento térmico, que confere ao produto resistência mecânica a flexão e resistência térmica em relação ao seu vidro de origem, suportando variações de temperatura de até 227°C. As características de segurança do vidro temperado consistem em elevada resistência, cerca de 5 vezes maior que a do vidro comum e na forma como se fragmenta, em caso de quebra. Ao quebrar-se, o vidro comum (tecnicamente chamado de monolítico) produz fragmentos grandes, pontiagudos e muito cortantes. Já o vidro de segurança temperado quando se quebra, é fragmentado em pedaços pequenos, arredondados e muito menos cortantes, aumentando significativamente a segurança oferecida pelo produto.

Os produtos da empresa são desenvolvidos de acordo com as necessidades do mercado, sendo fabricados sob encomenda onde o cliente faz o pedido e envia o projeto com as especificações para a empresa, e assim a fabricação se inicia após a venda do produto,

caracterizando um sistema de produção puxada¹. Porém, a empresa mantém certo estoque de produtos considerados padrão para pronta entrega, como janelas e box para banheiro.

A área de vendas da empresa, onde se realizou a pesquisa, conta com uma equipe de consultoras que atende e administra os pedidos externos de todos os vendedores da empresa, e os vendedores por sua vez são responsáveis pelo contato direto com os clientes, possibilitando vendas em cinco estados brasileiros.

O fluxo de informações da empresa (Figura 10) começa nos clientes, que podem ser pessoas físicas ou jurídicas, que recebem visitas dos vendedores e realizam seus pedidos. Esses pedidos são enviados para as consultoras que recebem detalhes dos pedidos e fazem o projeto de acordo com as solicitações. Já projetados vão para o setor de faturamento que liberam o crédito para o cliente para que seu pedido possa ser enviado ao setor de PCP e assim ser processado. Já no setor de PCP, os pedidos são digitados e lançados no sistema *ERP* que emite uma ordem de produção com os detalhes e as fases que a peça passará. Depois de prontos, os produtos são expedidos para os clientes, encerrando o ciclo.



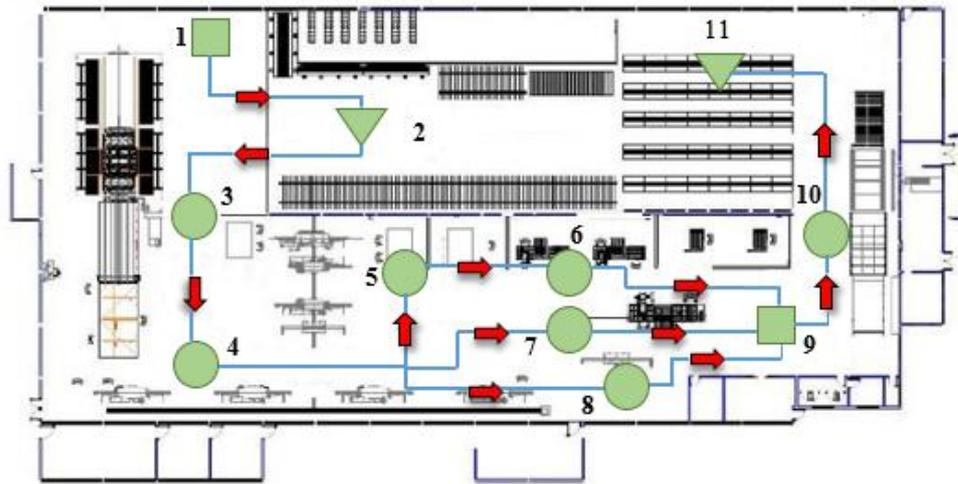
Figura 10 - Fluxo de informações da empresa

4.2 Processo produtivo

O processo produtivo da empresa é totalmente mecanizado e as operações que o constituem são sequenciais, para praticamente todas as famílias de produtos, modificando

¹ Segundo Tubino (2009), produção puxada é um sistema em que cada etapa do processo deve produzir somente quando um processo posterior, ou cliente final solicite, tornando-se uma forma de controlar a produção entre os fluxos.

apenas algumas atividades durante o processo. Para facilitar o entendimento do fluxo dessas etapas, a Figura 11, traz o desenho do processo na planta.



Legenda:

1. Recepção e Inspeção de chapas
2. Armazenagem
3. Corte
4. Lapidação
5. Marcação
6. Furação Manual
7. Furação Automática
8. Lavagem
9. Inspeção
10. Têmpera
11. Expedição e Armazenamento de produto acabado.

Símbolo	Atividade
●	Operação
■	Inspeção
▼	Armazenamento
→	Transporte
◐	Demora ou Espera

Figura 11 - Mapa do processo

A seguir, são apresentadas as etapas detalhadas dos processos:

- Recepção e Inspeção de Chapas

A cada dois dias a matéria-prima chega na empresa e é recepcionada por um supervisor de produção que confere as chapas durante um processo de inspeção, esse processo ocorre para atestar a conformidade visual da chapa, como ausência de bolhas, manchas, trincas, riscos e defeitos no geral. A chapa já inspecionada é liberada e segue para o estoque de matéria-prima.

- Processo de Corte

O processo de transformação da matéria-prima, tem início na etapa de corte. O PCP envia para o computador da máquina o plano de corte otimizado e ela por sua vez faz os cortes automaticamente nas medidas exatas. A máquina de corte é automática e divide-se em

3 partes acopladas: a de recebimento da chapa que através de um sistema de vácuo deita a chapa de vidro no plano da mesa; a mesa onde é feito o corte; e uma mesa onde é feito o destaque das peças cortadas. Depois de destacadas, as peças são colocadas em um carrinho de transporte e seguem para a etapa de lapidação.

- Processo de Lapidação

O processo de lapidação acontece em uma máquina automática dividida em 7 fases que são: primeira lapidadora, primeiro turnover, segunda lapidadora, segundo turnover, terceira lapidadora, terceiro turnover e acaba na quarta lapidadora. Na primeira fase a peça é lapidada em um dos lados, o turnover gira a peça que segue novamente para ser lapidada de outro lado e assim sucessivamente até que os quatro lados sejam lapidados. Normalmente, a peça após lapidada perde aproximadamente 2 milímetros de cada lado.

Já lapidadas as peças pode seguir por três caminhos diferentes. As peças em que o pedido apresenta furação podem ir para o processo de marcação e depois furação manual ou podem ir direto para furação automática. As chamadas peças fixas (peças sem furo), saem da lapidação direto para a máquina de lavação vertical. A diferenciação é feita por uma etiqueta, nas peças que apresentam furação consta a sigla FR na etiqueta, se a sigla na etiqueta for CX são fixas (sem furo).

- Processo de Marcação

As peças que têm furos específicos determinados pelos clientes, ou que chegam em moldes ou espelhos passam pela etapa de marcação, onde o furo é marcado segundo a especificação do projeto, e seguem para a furação manual.

- Processo de Furação Manual

A peça já marcada segue para o processo de furação manual, que é uma máquina que fura a peça com o auxílio de brocas de diferentes medidas. A peça é furada em cima da marcação no tamanho adequado depois vão para a máquina de lavação vertical

- Processo de Furação Automática

As peças que apresentam furos padrões já lançados no sistema, ainda na fase de otimização vão para o processo de furação automática. A máquina tem vários tipos de brocas de diferentes diâmetros que são usadas em pares, uma inferior e outra superior, que são acionadas quando a peça passa pelo sensor que lê o ponto exato do furo.

- Processo de Lavação

A peça depois de lapidada, se for fixa (sem furo), vai para o processo de lavação, que é feito em uma máquina automática que utiliza água quente, detergente neutro e álcool na lavação seguida de um jato de ar para secá-la e assim a peça sai limpa desse processo.

- Processo de Têmpera

Depois de lavadas, todas as peças, fixas ou com furação vão para a última etapa de todo o processo, a têmpera. Nesse processo as peças são divididas por sua espessura, já que, para cada espessura há uma temperatura e um tempo de aquecimento determinados. Quanto menor a metragem da espessura da peça, menos quente o forno de têmpera deve estar e mais rápido o processo de ser.

Nesse processo irreversível, o vidro é submetido a uma temperatura de aproximadamente 600°C sendo em seguida resfriado bruscamente através de soprantes que jogam ar sob pressão, gerando o estado de tensão que lhe confere uma resistência mecânica, cerca de, cinco vezes maior do que a de um vidro comum. Após passar por esse processo o vidro não pode mais sofrer nenhum tipo de recorte, furação ou lapidação, pois corre grande risco de estourar.

- Processo de Armazenamento

Após todo o processo ser concluído, as peças prontas seguem para o almoxarifado, onde são inspecionadas e armazenadas ou expedidas.

4.3 Coleta e processamento de dados

A coleta de dados se iniciou após uma reunião com os responsáveis do setor de vendas com a finalidade de apresentar os objetivos do estudo e conseguir informações importantes sobre campanhas de vendas, promoções e fenômenos que influenciam nas vendas.

Todos os dados históricos da empresa ficam armazenados em seu sistema integrado de gestão empresarial (*ERP*)³. O período armazenado é de 2 anos, iniciando em janeiro de 2014 em diante. Os dados das quantidades vendidas são gerados mês a mês no *ERP* e geram relatórios que podem ser exportados para arquivos em versão do *Microsoft Excel*.

³ ERP - *Enterprise Resource Planning* ou SIG - Sistema Integrado de Gestão Empresarial.

Além disso, ainda nesta fase, foram consultados documentos relativos a procedimentos da área, a informações sobre produtos e preços entre outros, para conhecer melhor todo o contexto no qual está inserida a previsão de vendas realizada e os fatores que podem influenciar na sua elaboração.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 Definição dos produtos a serem analisados

Os 30 produtos que a empresa processa, tiveram suas séries temporais analisadas, bem como os respectivos custos unitários. Como os produtos da empresa recebem a mesma importância no processo de previsão, optou-se por fazer a classificação ABC.

No desenvolvimento da classificação ABC, foram relacionadas as vendas mensais de cada um dos 30 produtos e seus respectivos preços de vendas durante o ano de 2015, a fim de verificar seu faturamento anual e fazer suas classificações. O resultado da classificação ABC em valores percentuais podem ser melhor visualizados através da Figura 12.

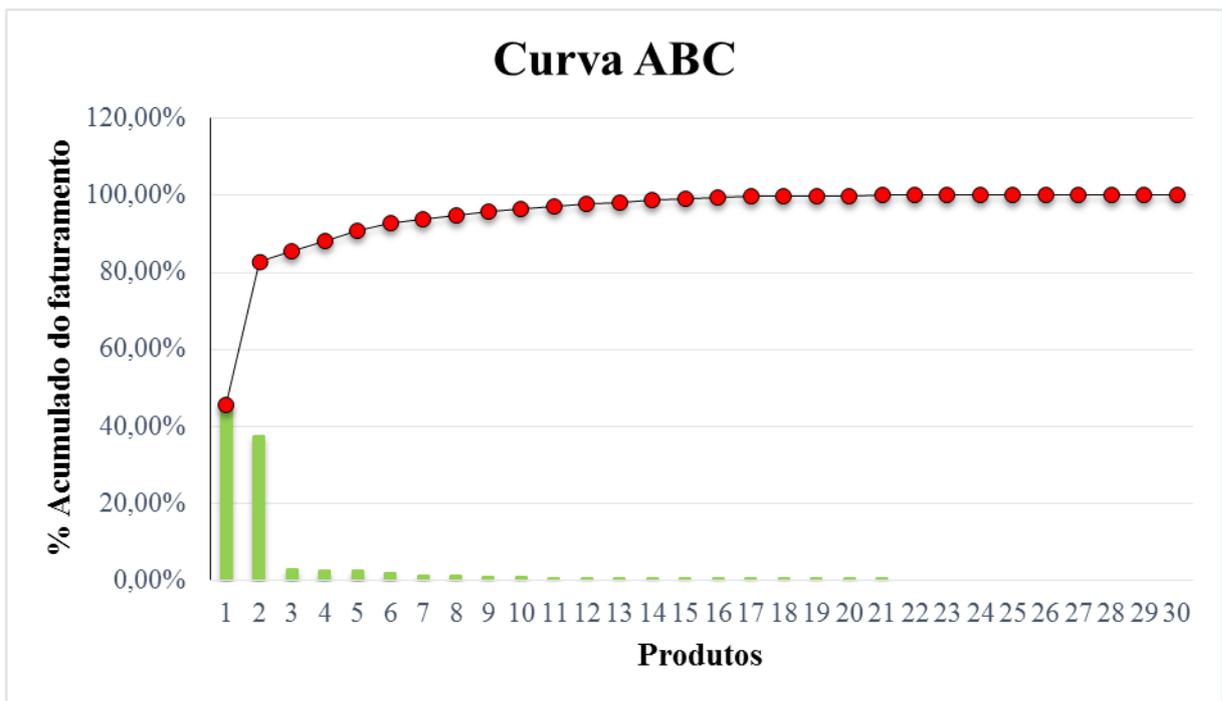


Figura 12 - Curva ABC

Os dois produtos de classe A representam pouco mais de 80% do faturamento da empresa. Na classe B, ficaram 3 produtos, representando 10,01% do faturamento da empresa, e na classe C classificou-se um total de 25 produtos, o que representa 7,23% de seu faturamento.

Os produtos da classe A (F1 e F2) são mais impactantes e críticos, sendo que por isso foram os escolhidos para análise das séries temporais e aplicação dos métodos quantitativos de previsão de vendas.

A classificação permitiu a identificação dos produtos que justificam maior atenção e tratamento adequados quanto à sua administração, e auxiliou na redução significativa da quantidade de séries temporais a serem estudadas prioritariamente. Este fato foi decisivo para a racionalização do tempo e para posterior desenvolvimento de uma política de planejamento para os níveis de estoque baseados nas previsões.

5.2 Análise e seleção do método de previsão para F1

Diante da importância que os produtos de classe A representam, cerca de 80% dos faturamentos da empresa (F1 e F2), foram feitas análises para seleção de um método quantitativo, pois a empresa objeto de estudo, não possui procedimento formal para obtenção da sua previsão de demanda, sendo esta realizada no julgamento qualitativo da gerência administrativa e transmitida aos demais setores. Isso tem gerado dificuldades na assertividade das previsões e no balanceamento do nível de estoque da empresa.

A escolha do *software Microsoft Excel*, para rodar os modelos de previsão, se baseou na facilidade de uso, inúmeras equações disponíveis, capacidade de trabalhar com muitas informações normalmente e por não ter custo.

Para a análise preliminar dos dados, foi construído um gráfico para visualizar o comportamento dos dados das vendas de 2014 e 2015 do produto F1, pertencente a classe A, pode ser visualizado no gráfico da Figura 13.

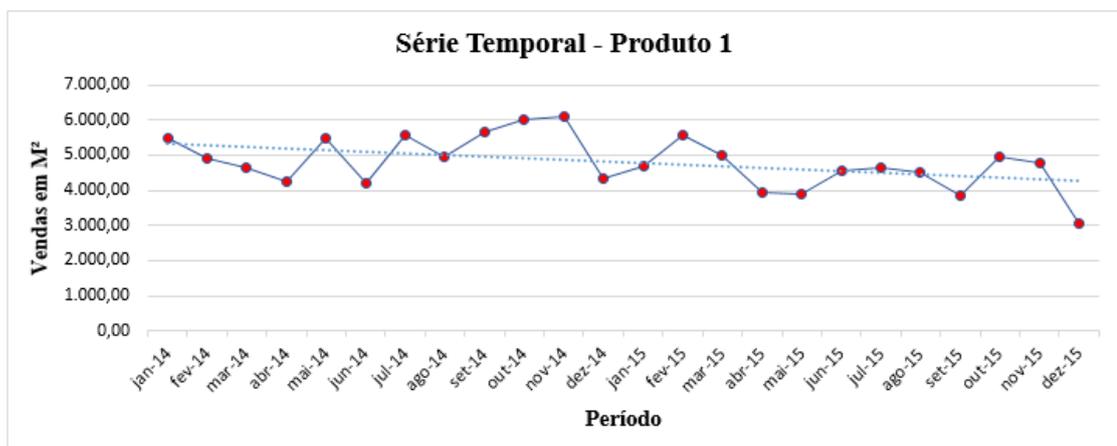


Figura 13 - Vendas em m² de F1

Observando o gráfico, pode-se fazer uma análise preliminar de que a série é dinâmica e os dados históricos apresentam comportamento sazonal no mês de outubro dos dois anos; percebe-se ainda, que a série apresenta tendência negativa.

Com os dados, foram construídas tabelas no *Excel*, sendo uma tabela para cada modelo de previsão, para que os erros encontrados fossem comparados e assim escolher o método mais acurado para a série. O parâmetro de escolha utilizado neste estudo, se baseou no método que apresentasse menores valores de MAE e MAPE.

Para os modelos de suavização exponencial, foi utilizado o suplemento *Solver* do *Excel* para determinar os valores otimizados das constantes de suavização (α , β e γ). Esse suplemento é utilizado para minimizar o erro utilizado como parâmetro de escolha dos modelos.

A Figura 14 mostra o layout da tela principal do suplemento *Solver*, na aba Definir Objetivo é a célula destino, então desse-se selecionar o campo em que está o valor do erro a ser minimizado. Como as constantes variam entre de 0 (zero) a 1 (um), é necessário adicionar esse intervalo no campo Sujeito às Restrições.

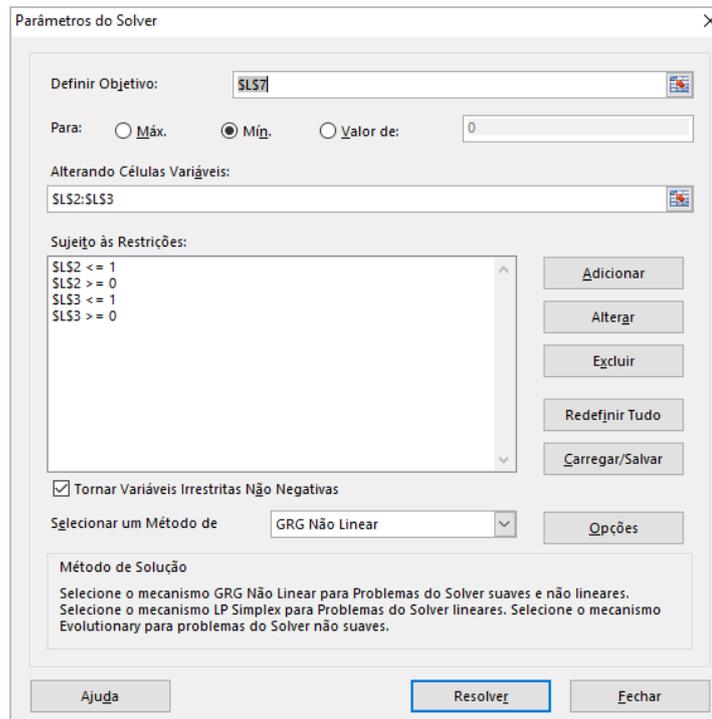


Figura 14 - Suplemento Solver do Microsoft Excel

Após todos os campos serem preenchidos, clicar em Resolver e os resultados têm-se na Tabela 1 mais adiante. Os modelos de previsão de demanda construídos com os dados de F1, apresentaram os seguintes erros de MAE e MAPE.

Tabela 1: Erros dos modelos de previsão de F1

Modelos	MAE	MAPE
1.Média Móvel	692	16%
2.Média Móvel Ponderada	678	15%
3.Suavização Exponencial Simples	609	14%
4.Suavização Exponencial com Tendência (Holt)	613	14%
5.Suavização Exponencial com Sazonalidade Multiplicativa (Holt-Winters)	632	15%
6.Suavização Exponencial com Sazonalidade Aditiva (Holt-Winters)	569	13%

Pode-se observar, na comparação dos erros, que o modelo de suavização exponencial com tendência e sazonalidade aditiva apresentou os menores valores de MAE e MAPE, respectivamente, e por isso será escolhido para o processo de previsão.

A Figura 15 apresenta a planilha do *Excel* utilizada no cálculo da previsão de demanda do mês de Janeiro de 2016.

PRODUTO - F1										
PREVISÃO DE DEMANDA										
Ano	Mês/Ano	Demanda (M ²)	Nível	Tendência	Sazonalidade	Previsão	Erro Simples	MAE	MSE	MAPE
2014	jan/14	5502,05			366,95					
	fev/14	4889,63			-245,46					
	mar/14	4648,80			-486,30					
	abr/14	4225,35			-909,75					
	mai/14	5495,01			359,91					
	jun/14	4186,88			-948,22					
	jul/14	5581,36			446,26					
	ago/14	4966,85			-168,25					
	set/14	5640,22			505,13					
	out/14	6025,65			890,55					
	nov/14	6113,20			978,10					
	dez/14	4346,17	5135,10	0,00	-788,93					
2015	jan/15	4682,57	5043,96	-91,14	-39,65	5502,05	-819,48	819,48	671544,19	18%
	fev/15	5558,15	5047,44	3,48	176,67	4707,36	850,79	850,79	723836,60	15%
	mar/15	5006,06	5100,02	52,57	-267,28	4564,62	441,43	441,43	194863,61	9%
	abr/15	3951,92	5120,24	20,22	-1054,10	4242,85	-290,93	290,93	84638,29	7%
	mai/15	3882,57	4960,54	-159,70	-442,79	5500,37	-1617,81	1617,81	2617299,54	42%
	jun/15	4561,17	4879,64	-80,90	-596,66	3852,62	708,55	708,55	502039,95	16%
	jul/15	4656,22	4733,26	-146,38	154,13	5245,00	-588,78	588,78	346656,94	13%
	ago/15	4521,26	4598,29	-134,97	-117,33	4418,63	102,63	102,63	10532,06	2%
	set/15	3867,06	4340,84	-257,45	-41,35	4968,45	-1101,40	1101,40	1213071,73	28%
	out/15	4948,50	4080,56	-260,28	877,93	4973,94	-25,44	25,44	647,09	1%
	nov/15	4798,36	3820,27	-260,28	978,10	4798,38	-0,02	0,02	0,00	0%
	dez/15	3053,04	3591,35	-228,93	-649,02	2771,06	281,98	281,98	79510,40	9%
2016	Previsão			jan/16	1	3780,62				

Medidas de Acurácia	Média	Método: Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade - Aditivo
MAE	569	
MSE	537053	
MAPE	13%	Previsão: $F_{t+m} = (L_t + b_t m) + S_{t-s+m}$
Constantes		Nível: $L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
α	0,111	Tendência: $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$
β	1,000	Sazonalidade: $S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$
γ	0,558	

Figura 15 - Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade – Métodos Aditivo

Como pode ser visto na Figura 15, inicia-se o processo de previsão dos dados dividindo-o em três etapas, a primeira corresponde aos 11 primeiros meses sendo definida como etapa início; a segunda fase se estende pelos 13 meses seguintes onde os dados serão trabalhados nessa etapa de testes; por fim, a previsão para os três meses iniciais do ano de 2016. À esquerda tem-se o ano, os períodos, meses do ano, dados de demanda e as fases do modelo. Ao final da tabela pode-se ver as constantes de suavização e da função objetivo otimizados através do suplemento *Solver* do Excel. Também no final da tabela pode-se ver as equações utilizadas nos cálculos matemáticos, bem como os valores dos erros sendo que apenas o MAE e MAPE foram utilizados como parâmetros de seleção do modelo. Ao final obteve-se a previsão para o mês de janeiro de 2016, que foi de aproximadamente 3780,62 m² para o produto F1.

5.3 Análise e seleção do método de previsão para F2

Na Figura 16 é apresentada o comportamento da série histórica do volume de vendas do produto F2.

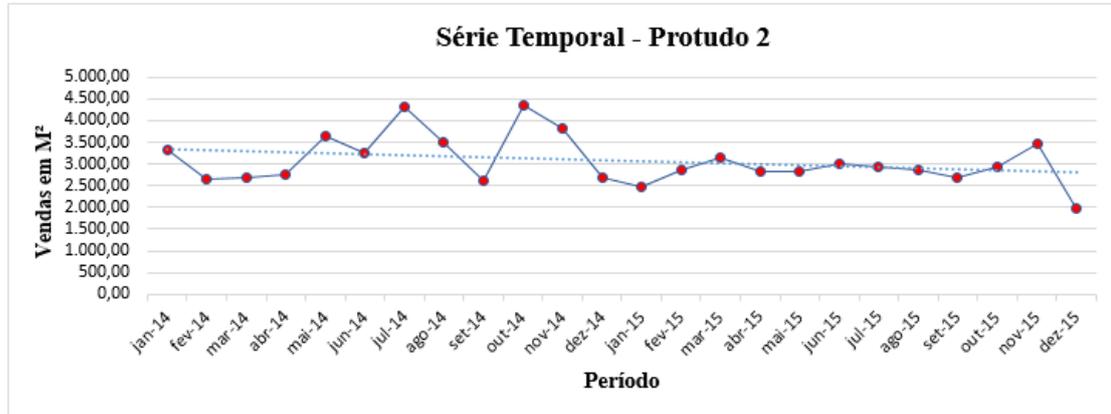


Figura 16 - Vendas em m² de F2

Observando o gráfico pode-se notar que a série é dinâmica e no mês de novembro apresenta um comportamento sazonal, a série também apresenta tendência negativa.

Posteriormente, aplicou-se os métodos quantitativos para comparar os menores resultados dos erros (MAE e MAPE) e assim escolher o modelo ideal para o produto F2.

As constantes de suavização (α , β e γ) dos modelos de suavização exponencial, também foram otimizadas com o auxílio do suplemento *Solver* do Excel, que é empregado para minimizar o erro MAE, escolhido e utilizado para este trabalho. Os valores dos erros encontrados estão apresentados na Tabela 2, para comparação.

Tabela 2: Erros dos modelos de previsão de F2

Modelos	MAE	MAPE
1.Média Móvel	472	16%
2.Média Móvel Ponderada	467	16%
3.Suavização Exponencial Simples	431	15%
4.Suavização Exponencial com Tendência (Holt)	458	16%
5.Suavização Exponencial com Sazonalidade Multiplicativa (Holt-Winters)	349	13%
6.Suavização Exponencial com Sazonalidade Aditiva (Holt-Winters)	490	17%

Como podemos ver na Tabela 2 a série histórica apresenta sazonalidade multiplicativa, visto que o modelo de Suavização Exponencial com Sazonalidade

Multiplicativa apresentou os menores valores dos erros MAE e MAPE, e por isso este modelo foi escolhido para o processo de previsão.

A Figura 17 apresenta a planilha do *Excel* utilizada no cálculo da previsão de demanda do mês de Janeiro de 2016

PRODUTO - F2										
PREVISÃO DE DEMANDA										
Ano	Mês/Ano	Demanda (M ²)	Nível	Tendência	Sazonalidade	Previsão	Erro Simples	MAE	MSE	MAPE
2014	jan/14	3316,20			1,00					
	fev/14	2663,09			0,81					
	mar/14	2697,74			0,82					
	abr/14	2770,03			0,84					
	mai/14	3632,44			1,10					
	jun/14	3245,64			0,98					
	jul/14	4324,06			1,31					
	ago/14	3496,73			1,06					
	set/14	2626,23			0,80					
	out/14	4347,40			1,32					
	nov/14	3834,37			1,16					
	dez/14	2671,41	3302,11	0,00	0,81					
2015	jan/15	2471,89	2986,15	-20,32	0,83	3316,20	-844,30	844,30	712850,60	34%
	fev/15	2852,16	3180,32	-6,53	-322,17	2966,64	-114,48	114,48	13105,86	4%
	mar/15	3146,36	3428,39	9,85	-276,87	3174,61	-28,25	28,25	797,93	1%
	abr/15	2824,48	3411,47	8,13	-576,28	3439,08	-614,60	614,60	377733,96	22%
	mai/15	2828,04	3100,62	-12,39	-267,60	3420,70	-592,66	592,66	351246,71	21%
	jun/15	3014,24	3080,14	-12,91	-64,68	3089,22	-74,98	74,98	5622,50	2%
	jul/15	2918,57	2752,13	-33,17	163,43	3068,54	-149,97	149,97	22490,84	5%
	ago/15	2870,91	2716,01	-33,36	152,10	2720,01	150,91	150,91	22772,34	5%
	set/15	2683,44	2942,49	-16,65	-254,32	2683,44	0,00	0,00	0,00	0%
	out/15	2942,12	2666,10	-33,36	271,01	2927,16	14,97	14,97	223,99	1%
	nov/15	3480,32	2769,72	-24,55	697,68	2633,91	846,42	846,42	716425,24	24%
dez/15	1993,18	2639,41	-31,35	-634,44	2745,98	-752,80	752,80	566703,28	38%	
2016	Previsão			jan/16	1	2671,59				

Medidas de Acurácia	Média	Método: Suavização Exponencial com tendência e Sazonalidade - Multiplicativo
MAE	349	
MSE	232498	
MAPE	13%	
Constantes		Previsão: $F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m}$ Nível: $L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ Tendência: $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ Sazonalidade: $S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$
α	0,376	
β	0,064	
γ	0,982	

Figura 17 - Suavização Exponencial com Tendência e Sazonalidade – Método Multiplicativo

A Figura 17, apresenta as mesmas características da tela deste modelo para o produto F1. Os valores das constantes (α e β) também foram determinados através do suplemento Solver com o intuito de minimizar os erros de previsão (MAE e MAPE).

Ao final obteve-se a previsão para o mês de janeiro de 2016 que foi de aproximadamente 2671 m² para o produto F2.

5.4. Sistema de revisão de estoques

A empresa utiliza um *software* de gestão e, baseado na experiência dos gerentes, foi cadastrado o ponto de reposição que é de 1232,64 m² para o produto F1 e 1029,6 m² para o produto F2, sendo que a empresa não trabalha com estoques de segurança. A empresa trabalha com um nível de serviço de 98% para os produtos, sendo assim o fator de segurança é igual a 2,06.

Como recomenda-se na literatura, para os produtos de classe A, o sistema de revisão de estoques que permite melhor controle, é o sistema de revisão contínua.

A Tabela 3, apresenta os dados de entrada para o gerenciamento de estoques do produto F1. O *lead time*, para realização de pedidos é fixo de 7 dias e o período a que se refere o desvio padrão é de 30 dias, por isso é de 0,233. A demanda média e o desvio padrão foram calculados utilizando as demandas previstas (Figura 15), com auxílio do *Excel*.

Tabela 3: Dados de F1

Dados – Produto F1			
Nível de Serviço (98%)	Lead Time (Meses)	Demanda Média (m²)	Desvio Padrão (m²)
2,06	0,233	4629	731,563

Como o *lead time* é fixo e a demanda é variável, para o cálculo do estoque de segurança utilizou-se a Equação (24), como segue:

$$Es = 2,06 * 731,563 * \sqrt{\frac{7}{30}} = 726,192 \text{ m}^2$$

Segue o cálculo para obtenção do Ponto de Reposição para o produto F1, a Equação (23) foi utilizada:

$$PR = (4629 * 0,233) + 726,192 = 1803,241 \text{ m}^2$$

A Tabela 4, apresenta os dados de entrada para o gerenciamento de estoques do produto F2. A demanda média e o desvio padrão foram calculados utilizando as demandas previstas (Figura 17), com auxílio do *Excel*.

Tabela 4: Dados de F2

Dados – Produto F2			
Nível de Serviço (98%)	Lead Time (Meses)	Demanda Média (m²)	Desvio Padrão (m²)
2,06	0,233	3015	272,88

Como o *lead time* é fixo e a demanda é variável, para o cálculo do estoque de segurança utilizou-se a Equação (24), como segue:

$$E_{seg} = 2,06 * 272,88 * \sqrt{\frac{7}{30}} = 207,884 \text{ m}^2$$

No cálculo do Ponto de Reposição para o produto F1, utilizou-se a Equação (23), como segue:

$$PP = (3015 * 0,233) + 207,884 = 974,491 \text{ m}^2$$

5.5 Sugestão de política de gestão de estoque

Os cálculos do ponto de reposição e do estoque de segurança previstos, foram agrupados na Tabela 5, para a comparação com os dados reais da empresa.

Tabela 5: Comparação de resultados

Janeiro 2016	Demanda Prevista	Demanda Real	Ponto de Reposição (previsto)	Ponto de Reposição (empresa)	Estoque de Segurança (previsto)	Estoque de Segurança (empresa)
F1	3780,62 m ²	3451,28 m ²	1806,24 m ²	1232,61 m ²	726,19 m ²	-
F2	2671,59 m ²	2369,76 m ²	975,48 m ²	1029,6 m ²	207,88 m ²	-

O valor da previsão de demanda para o produto F1 apresentou diferença de 10%, para mais, em comparação com a demanda real. O valor de previsão de demanda para o produto F2 apresentou diferença de 12%, para mais, se comparado a demanda real.

Os resultados da previsão podem ser considerados otimizados pois atendem às características dos dados históricos da empresa, demonstrado através da proximidade com o valor real, validando assim o modelo de previsão e os valores previstos.

Para os dados referentes a sugestão de política de estoque, o ponto de reposição previsto, para F1, é de 30% maior que o ponto de reposição utilizado pela empresa, para o produto F2 é de 6% menor, se comparado ao valor do ponto de reposição utilizado pela empresa.

Com base nos resultados descritos acima, pode-se perceber que o modelo sugerido para a gestão de estoque apresentou resultados muito próximos aos resultados reais, porém mais otimizados e ajustados às características da demanda, visto que os problemas relacionados com a falta de estoque são recorrentes na empresa. Para complementar a política de estoque sugerida, foram propostos os estoques de segurança de 726,19 m² para F1 e 207,88 m² para F2.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, foram analisados e comparados os métodos quantitativos de previsão de vendas para séries temporais de produtos selecionados de uma indústria de vidros, em abordagem conjunta à gestão de estoques.

Através de uma análise preliminar dos dados históricos de vendas dos produtos, foi possível analisar o comportamento das séries temporais, bem como identificar a presença de tendência e sazonalidade, para a realização dos cálculos que levaria a escolha do método de previsão acurado.

O modelo de previsão proposto, foi escolhido com base nos menores valores de erros MAE e MAPE, respectivamente. As previsões geradas apresentaram resultados satisfatórios, pois os valores encontrados são muito próximos dos valores reais, apresentando diferença, na previsão de demanda, de 10% e 12%, para mais, para F1 e F2, respectivamente.

Em relação aos problemas de balanceamento de estoques identificados, o sistema de revisão de estoque proposto, gerou níveis de estoque de segurança otimizados e um ponto de reposição mais adequado às características de vendas da empresa, pois foram constatados que a empresa trabalha com um valor de ponto de reposição 30% menor ao valor encontrado na previsão para o produto F1 e 6% maior se comparado com a previsão para F2.

Também foi possível calcular os valores de estoque de segurança para os produtos de classe A, responsáveis por mais de 80% do faturamento da empresa. Com isso espera-se que problemas com *stockout* (falta de estoque), sejam resolvidos.

Quanto aos questionamentos do problema de pesquisa, ficou constatado, que a empresa não adota um sistema formal e estruturado de previsão de demanda e também que o sistema adotado não é totalmente eficaz para o gerenciamento das operações de estoque.

Quanto ao objetivo geral da pesquisa, e os objetivos específicos, estes foram alcançados. Conseguiu-se selecionar os produtos mais significativos em termos de faturamento para a empresa, para os quais foi possível selecionar os métodos de previsão de demanda mais acurado e em conjunto sugerir uma política de estoques. Conseguiu-se comparar os valores de estoques que a empresa utiliza com os valores encontrados com a previsão, a fim de propor a utilização do mais assertivo, concluindo o objetivo geral da pesquisa.

Por fim, sugere-se que a empresa faça uma análise estatística do comportamento dos demais produtos não analisados com essa pesquisa, para verificar a possibilidade de utilizar

métodos de previsão adequados às características de vendas de cada um. Também sugere-se, a aplicação e monitoramento do método proposto, pois permitirá a verificação dos resultados e sua possível validação para as previsões futuras.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, T. R. **Desenvolvimento de uma política de decisões de ressurgimento para materiais de demanda dependente**. 2007. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.
- ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 174 p.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais: Uma Introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**; São Paulo: Saraiva, 2003.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção para a vantagem competitiva**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos. Estratégia, planejamento e operação**. 1. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall Brasil, 2003.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A.. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- DIAS, R. S. **Metodologia de previsão de carga de longo prazo de energia elétrica**. 2010. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- FUSCO, J. P. A.; SACOMANO, J. B. **Operações e Gestão Estratégica da Produção**. São Paulo: Arte & Ciência, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2007
- GUIMARÃES, P. L. **Processo de previsão de demanda para empresa têxtil**. 2008. 112p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- JACOBS, F. R.; CHASE, R. B.. **Administração da Produção e de Operações: O Essencial**. São Paulo: Bookman, 2009.

- KAHN, K. Na Exploratory Investigation of New Product Forecasting Practices. **The Journal of Product Innovation Management**. V.19, n 2, p. 133-143, 2002
- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education, 2009.
- LAWRENCE, K. D.; KLIMBERG, R. K.; LAWRENCE, S. M. **Fundamentals of Forecasting Using Excel**. New York: Industrial Press Inc., 2009. 196 p.
- LEMOIS, F. O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. 2006. **183p. Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.
- MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3ª ed. New York, John Wiley & Sons, 1998.
- MANCUZO, F. **Análise e previsão de demanda: Estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos**. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- MORETTIN, P. A.; TOLÓI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. - (Coleção Projeto Fisher).
- PASCHOALINO, P.; FERREIRA, C.; BRICK, E. **Análise a aplicação de modelos de previsão de demanda dos itens de fardamento da marinha do Brasil**. 2009. Disponível em: <http://www.producao.uff.br/conteudo/rpep/volume92009/RelPesq_V9_2009_08.pdf>. Acesso em: 31 de janeiro de 2016. UFF. Rio de Janeiro, 2009.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.
- SAMOHYL, R.W.; SOUZA, G.P.; MIRANDA, R.G. **Métodos simplificados de previsão empresarial**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
- SILVA, R. A. C.; MARTINS, D. D. S.; MARTINS, M. F. **Desenvolvimento de uma ferramenta voltada para o planejamento do consumo e da compra de farinha de trigo**

em uma pequena empresa industrial. In: Simpósio Acadêmico De Engenharia De Produção, 3, 2007, Viçosa. Anais: Viçosa, UFV, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

SOARES, R. A. **Aplicação de modelos de previsão de demanda em uma empresa de papel e celulose.** 2011. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SPEDDING, T; CHAN, K. **Forecasting Demand and Inventory Management Using Bayesian Time Series. Integrated Manufacturing Systems.** v. 11, n. 5, p. 331-339, 2000.

SWAMIDASS, P. M. (Ed.). **Encyclopedia of Production and Manufacturing Management.** Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000. 1048 p.

TAKEDA, T. L. **Proposta de Aplicação de Método Quantitativo de Previsão de Vendas em uma Indústria Metal-Mecânica.** 2012. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WANKE, P. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimentos: decisões e modelos quantitativos.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

WERNER, Liane; LEMOS, Fernando de Oliveira; DAUDT, Tiago. **Previsão de demanda e níveis de estoque uma abordagem conjunta aplicada no setor siderúrgico.** In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2006, Bauru. **Anal.** Bauru: Simpep, 2006. p. 1 - 11.

WRIGHT, J. T. C. GIOVINAZZO, R.A. **Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo.** Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, no 12, 2º trim./2000.

YAMANOTO, R. N. **Modelo de previsão de demanda em uma indústria alimentícia utilizando um método quantitativo.** 2007. 95p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.