

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ROBERTA TELES DA SILVA**

**INTEGRAÇÃO DE PREVISÃO DE DEMANDA E  
MRP EM UMA EMPRESA DO SETOR DE  
IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

**PORTO ALEGRE  
2017**

**ROBERTA TELES DA SILVA**

**INTEGRAÇÃO DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP EM UMA EMPRESA DO  
SETOR DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.**

**Orientador: Michel José Anzanello, PhD.**

**Porto Alegre  
2017**

ROBERTA TELES DA SILVA

**INTEGRAÇÃO DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP EM UMA EMPRESA DO  
SETOR DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Michel José Anzanello, PhD.**

Orientador PPGE/UFGRS

---

**Prof. Ricardo Augusto Cassel, PhD.**

Coordenador PMPEP/UFGRS

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Ricardo Augusto Cassel, PhD. (PMPEP/UFGRS)

Prof. Guilherme Luz Tortorella, Dr. (UFSC)

Profa. Liane Werner, Dra. (PPGE/UFGRS)

## Dedicatória

“Dedico este trabalho aos meus pais, Guilherme e Iracema, os quais me ensinaram que o conhecimento é uma das maiores riquezas do ser humano, aos meus irmãos Rubens e Rodrigo (*in memoriam*) que sempre acreditaram em mim, a minha sobrinha Natália que encantou todos os momentos com a ternura da infância e ao meu noivo Rogério que sempre esteve ao meu lado em busca de um mundo melhor.”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio e incentivo na realização deste sonho.

Ao empreendedor Volmir Conte que compartilhou sua história e abriu espaço em sua empresa para que eu pudesse desenvolver meu estudo.

À minha amiga Alexandra Pagnoncelli pela troca de ideias e divagações nas nossas diferentes áreas de atuação profissional.

Aos meus colegas de classe que sempre estavam dispostos à troca de informações e experiências e pela amizade que criamos ao longo deste tempo.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de realizar o Mestrado e a todos os profissionais dessa instituição que de alguma forma me ajudaram.

A todos os professores do Mestrado que contribuíram para o meu desenvolvimento de formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço principalmente ao meu orientador, Prof. Michel Anzanello, que dedicou seu tempo para meu crescimento intelectual e a realização deste meu sonho.

## RESUMO

A previsão de demanda permite às organizações o reconhecimento de sua curva perfil de demanda, sendo uma ferramenta para gerir estoques, nivelando-os de forma a não estagnar valores monetários, bem como possuir volumes de produtos suficientes para atender à carteira de clientes. Em diversas aplicações, no entanto, faz-se necessária a integração de métodos quantitativos aos métodos qualitativos de previsão de demanda para assegurar níveis mais precisos dos itens a serem produzidos. Uma previsão de demanda adequada também auxiliar na concepção de políticas adequadas de gestão de matérias-primas, gestão essa que tipicamente se apoia no método MRP (*Material Requirements Planning*). Esta dissertação aplica sistemáticas de previsão de demanda e MRP em um setor de implementos rodoviários do segmento metal-mecânico. Para tanto, os passos metodológicos estão estruturados na seguinte ordem: (i) Coleta e tratamento dos dados históricos de demanda; (ii) Seleção do modelo de previsão de demanda quantitativo; (iii) Ajuste das previsões através da opinião de especialistas; (iv) Geração da matriz BOM; e (v) Geração do relatório MRP, com as solicitações de reposição pertinentes. Com a projeção da previsão de demanda, foi possível prospectar a aquisição de matérias-primas de forma a aprimorar a gestão dos recursos. Os resultados deste estudo agregaram ao segmento metal-mecânico um modelo sistemático de previsão de demanda, com isso, o setor de implementos rodoviários, o qual é um ramo existente há pouco mais que três décadas, aderiu traços competitivos em relação ao mercado consumidor através de métodos de gestão conceituados.

**Palavras-chave:** Previsão da demanda; MRP; Implementos Rodoviários Metal-mecânicos.

## **ABSTRACT**

Demand forecasting enables organizations to recognize their demand profile curve, being a tool for managing inventories, leveling them so as not to stagnate monetary values, as well as having enough product volumes to serve the customer portfolio. In several applications, however, it is necessary to integrate quantitative methods with qualitative methods of forecasting demand to ensure more precise levels of the items to be produced. An adequate demand forecast will also assist in the design of appropriate raw material management policies, which typically rely on the MRP (Material Requirements Planning) method. This dissertation applies demand forecasting and MRP systems in a sector of road implements of the metal-mechanical segment. Therefore, the methodological steps are structured in the following order: (i) Collection and treatment of historical demand data; (ii) Selection of the quantitative demand forecast model; (iii) Adjustment of forecasts through expert opinion; (iv) Generation of the BOM matrix; and (v) Generation of the MRP report, with relevant replacement requests. Based on the generated forecasting, it was possible to prospect the acquisition of raw materials in order to improve the management of the resources. The results of this study added to the metal-mechanical segment a systematic model of demand forecasting. In this way, the sector of road implements, which is a branch that has existed for more than three decades, has adhered to competitive characteristics in relation to the consumer market through management methods.

**Keys words:** Forecasting; MRP; Road Equipments.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Demanda .....	18
Figura 2: Exemplo de Lista de Materiais.....	28
Figura 3: Divisão da amostra de dados em Treino e Teste.....	34
Figura 4: Construção matriz BOM .....	38
Figura 5: Tempo vs. Demanda .....	39
Figura 6: Modelagem – Suavização Exponencial Simples .....	40
Figura 7: Modelagem – Suavização Exponencial Holt .....	41
Figura 8: Modelagem – Análise de Regressão Simples .....	41
Figura 9: Modelagem – Média Móvel Simples (seis últimos períodos) .....	42
Figura 10: Modelagem – Média Móvel Ponderada.....	42
Figura 11: Modelagem – Média Móvel Simples (três últimos períodos).....	43
Figura 12: Comparativo entre dados Reais (pontos) vs. Quantitativo puro (linha) com o Ajuste Qualitativo (linha com pontos).....	47
Figura 14: Árvore de materiais (BOM) do produto em questão.....	48
Figura 15: Desempenho do planejamento MRP com abastecimento do .....	50



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelo hipotético de relatório básico do MRP.....	30
Tabela 2: Exemplo da forma de ponderação dos Especialistas.....	36
Tabela 3: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista A.....	36
Tabela 4: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista B.....	37
Tabela 5: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista C.....	37
Tabela 6: Desempenho dos diferentes métodos de previsão de demanda.....	43
Tabela 7: Ponderação dos Especialistas entrevistados .....	44
Tabela 8: Fatores de influência na demanda e correspondente pontuação dos especialistas ...	45
Tabela 9: Médias e pesos de cada fator referente a cada Especialista.....	46
Tabela 10: Coeficiente de ajuste por fator.....	46
Tabela 11: Matriz BOM do produto em questão.....	48

## **LISTA DE SIGLAS**

**ANFAVEA** – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

**ANFIR** – Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários

**BOM** – *Bill of Materials*

**MAPE** – *Mean Absolute Percentage Error*

**MRP** – *Material Requirements Planning*

**NCSS** – *Number Cruncher Statistical System*

**PCP** – Planejamento e Controle da Produção

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	11
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA .....	13
1.3 OBJETIVOS .....	14
<b>1.3.1 Objetivo geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA .....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 PREVISÃO DE DEMANDA.....	17
2.2 MÉTODOS QUANTITATIVOS.....	19
<b>2.2.1 Média Móvel</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.2 Suavização Exponencial</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.3 Análise de Regressão</b> .....	<b>22</b>
2.3 MÉTODOS QUALITATIVOS PARA AJUSTE DE DEMANDA .....	24
<b>2.3.1 Jogo de Representação (<i>Role Playing</i>)</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3.2 Pesquisa de Intenções</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3.3 Delphi</b> .....	<b>26</b>
<b>2.3.4 Opinião de Especialistas</b> .....	<b>26</b>
2.4 MRP ( <i>MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING</i> ).....	27
2.5 APLICAÇÕES DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP NO SETOR METAL-MECÂNICO .....	30
<b>3 MÉTODO</b> .....	<b>33</b>
3.1 PASSO 1: COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS DE DEMANDA .....	33
3.2 PASSO 2: SELEÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO QUANTITATIVO .....	33
3.3 PASSO 3: AJUSTE QUALITATIVO .....	35
3.4 PASSO 4: GERAÇÃO DA MATRIZ BOM .....	37
3.5 PASSO 5: GERAÇÃO DO RELATÓRIO MRP .....	38
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>39</b>
4.1 COLETA DE DADOS.....	39
4.2 MODELAGEM.....	40

4.3 AJUSTE QUALITATIVO.....	44
4.4 GERAÇÃO DA MATRIZ BOM.....	47
4.5 GERAÇÃO DO RELATÓRIO MRP .....	49
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A globalização e seus efeitos demandam constante adaptação dos métodos e processos em organizações dos mais diversos segmentos. Segundo dados da ANFAVEA (2016) (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), os eventos culturais que envolvem o país em âmbito mundial e a movimentação política afetam diretamente os volumes de produção do segmento automotivo, impactando diretamente nas indústrias que abastecem esse setor.

De acordo com a ANFIR (2016) (Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários), o segmento de implementos rodoviários é responsável pelo transporte de mais de 60% de mercadorias que circulam em território nacional. Em 2015, este setor enfrentou uma severa crise causada pelo descompasso da economia brasileira, a qual continuou no ano de 2016. Algumas medidas foram tomadas para conter o declive desse setor, como incentivos governamentais, participação em eventos de segmentos relacionados e início de abertura para o mercado internacional. A atual situação do segmento, no qual as demandas estão abaixo da média histórica e descaracterizadas em virtude do momento econômico, exige das organizações esforços extras para permanecerem no mercado. Anos antes, Britto (2005), observou que em momentos de recessão econômica, houve uma busca incessantemente por preços competitivos e prazos atraentes por parte do mercado consumidor.

Para atender a um grande grupo de clientes, também é preciso ser flexível em termos de produção, visto que o mercado está cada vez mais focado em lotes de tamanho reduzido e personalizados. Dessa forma, percebe-se que a definição do mix de produtos a rodar em fábrica, necessita cada vez mais de parametrizações para aperfeiçoar a utilização das matérias-primas, não permitindo desperdícios destas no processo produtivo. Dessa forma, nota-se a necessidade de administrar adequadamente a gestão de insumos, confrontando os prazos de entrega do produto, recebimento de material, processos de manufatura e valores monetários (BRITTO, 2005). Essas situações requerem a utilização de ferramentas que se ajustem ao contexto dos diferentes tipos de negócios (CARVALHO, 2004; LEMOS, 2006), dentre as quais se destacam as sistemáticas de previsão de demanda e abastecimento de insumos.

Sem o prognóstico preciso da demanda do mercado consumidor, a grande maioria das empresas enfrenta dificuldades no processo de encomenda de matérias-primas, suprimentos, negociações de compra, número de efetivos, espaço fabril (ou seja, insumos necessários para a fabricação de seus produtos). Outro fator a ser considerado é a imagem da empresa, a qual pode potencialmente ser comprometida quando uma demanda não é atendida em termos quantitativos e qualitativos (WERNER, 2004). Dessa forma, percebe-se que a aplicação de sistemáticas estruturadas para previsão de demanda e controle dos suprimentos necessários ao processo produtivo promove maior segurança ao processo produtivo, garantindo maior estabilidade na tomada de decisões e maior confiança em investimentos futuros. Permite ainda maior embasamento em decisões acerca do planejamento estratégico (LEMOS, 2006) e na tomada de decisões na disputa por novos mercados (WERNER, 2004).

Esta dissertação propõe uma sistemática que integra previsão de demanda e MRP (*Material Requirements Planning*) com vistas ao aprimoramento da gestão de materiais de uma empresa do setor de implementos rodoviários. A previsão de demanda dará um norte para o planejamento de produção (GRAEM e PEINADO, 2007), ou seja, com dados de volumes a serem consumidos nos períodos adiantes, é possível que a metodologia MRP esboce as quantidades de insumos que serão necessários para produzir os volumes de itens previstos e assim, executando um planejamento do fluxo de materiais para a empresa que estiver sendo tratada. A importância do planejamento, dentre muitas outras considerações, se dá pelo detalhamento da forma de utilização dos estoques através do melhor balanceamento da produção com vistas ao custo mínimo (GRAEM e PEINADO, 2007). Graem e Peinado (2007) também salientam que a agregação da previsão de demanda pode ser uma característica particular de cada empresa e até mesmo de um específico grupo de produtos dentro de uma mesma empresa.

Nas proposições deste estudo, os resultados gerados pela previsão de demanda fundamentarão o planejamento do MRP. Em termos operacionais, sugere-se inicialmente a realização de uma coleta de dados históricos de demanda do produto analisado. Na sequência, os dados são modelados através de diversos métodos de previsão de demanda; o melhor modelo é selecionado com base no erro gerado pelos modelos quando avaliados em um banco de validação. As previsões geradas pelo modelo selecionado são então ajustadas por especialistas, visto que os dados históricos utilizados na construção dos modelos podem não abranger o total de informações que potencialmente afetam o comportamento da previsão

futura; para tanto, utiliza-se a opinião de especialistas para ajuste qualitativo da demanda (FOGLIATTO, 2001). Simultaneamente à modelagem de demanda, propõe-se a construção da matriz *Bill of Materials* (BOM) do produto em análise, a qual discrimina as quantidades de insumos demandados para geração de uma unidade do produto em análise MRP. Por fim, preenche-se o relatório MRP, o qual define as quantidades e momentos de colocação de pedidos dos diversos componentes e submontagens demandados para fabricação do produto em análise.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Esta dissertação tem como tema a integração de previsão de demanda e MRP. Muitos estudos têm sido devotados à previsão de demanda aliada ao MRP com o intuito de desenvolver modelos de previsão adequados aos diversos segmentos, a fim de atualizar os formatos de gestão na tomada de decisão em relação ao controle de materiais e ao atendimento do mercado (BRITTO, 2005). Tais sistemáticas visam a proporcionar estabilidade nos recebimentos de materiais, entregas dentro do prazo e ainda contribuir na obtenção de custos mais atrativos. No entanto, percebe-se que ainda há espaço para o desenvolvimento e aplicação de sistemáticas integradas de gestão de suprimentos, abordando não somente a demanda dita independente (modelada pela previsão de demanda), mas também a demanda dependente (modelada pelo MRP). A proposição de sistemáticas que permitam a inserção do conhecimento qualitativo nas predições dos modelos quantitativos de previsão de demanda também ganha espaço, visto que nem todos os aspectos que influenciam o perfil de demanda se encontram nos dados históricos modelados (ANZANELLO e MENECHINI, 2013).

No segmento metal-mecânico, os grandes investimentos estão voltados à aquisição de tecnologias de automação com o intuito de aperfeiçoar os processos em tempo, qualidade e ergonomia, entre outros, no entanto, para Nardini e Pires (2002), desde meados de 2002 que aprimoramentos nas ferramentas de gestão não são exploradas na mesma proporção, principalmente quando se trata do segmento de implementos rodoviários, o qual atende o setor automotivo (caracterizado pela adoção do sistema puxado de produção) (CASTRO e MESQUITA, 2008). Dessa forma, este estudo também se justifica no aspecto prático, visto que permite aprimorar a utilização dos métodos de previsão quantitativos e qualitativos para

um segmento em específico com vistas à gestão de materiais e insumos. Tais recursos permitirão melhor ajuste das quantidades de insumos a serem solicitadas, bem como definição dos melhores momentos de colocação de pedidos (reduzindo custos com estoques desnecessários ou penalizações por conta de escassez).

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

Definir políticas de solicitação/reposição de um processo de montagem de implementos rodoviários do segmento metal-mecânico através da integração da previsão de demanda e MRP.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a aderência de modelos quantitativos aos dados históricos e selecionar o mais apropriado para previsão;
- b) Ajustar qualitativamente as previsões do modelo quantitativo selecionado com base na opinião de especialistas de processo; e
- c) Construir a Matriz BOM de um produto representativo do contexto de análise e gerar o relatório MRP, definindo quantidades e pontos de reposição dos componentes e submontagens.

### 1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho é baseado em pesquisas que têm como objetivo a produção de conhecimentos para aplicação prática, buscando examinar detidamente a maneira de comportamento do processo em questão, com o propósito de obter melhores resultados para a organização tratada nesta dissertação e, conseqüentemente, contribuir conceitualmente para o segmento desta pesquisa (SILVA; MENEZES, 2005).



Em termos de sua definição, esta pesquisa é caracterizada como uma análise quantitativa em virtude de trabalhar com dados numéricos, os quais traduzem dados históricos e opiniões em números para modelar uma sistemática, tópicos adotados na matéria previsão de demanda (*forecasting*), e que são assuntos tratados nessa dissertação. A pesquisa é exploratória, pois houve a aplicação de modelos matemáticos com um segmento em específico (GIL, 1996).

Em relação à sua natureza, o presente trabalho é classificado como pesquisa aplicada através de um estudo de caso, através do qual se pode aprofundar os métodos abordados com os dados coletados (SILVA; MENEZES, 2005).

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, apresentados como segue.

O Capítulo 1 apresenta a introdução do trabalho, abordando considerações iniciais, justificativa do tema, objetivo geral, objetivos específicos, metodologia de pesquisa, estrutura e delimitações do trabalho.

No Capítulo 2, desenvolve-se a fundamentação teórica, abordando referências que tratam do tema em questão. São apresentados conceitos que incluem previsão de demanda, métodos quantitativos, ajuste qualitativo de previsão, MRP e aplicações de tais técnicas no setor metal-mecânico.

O Capítulo 3 explana o método para aplicação de um modelo de previsão de demanda ao segmento de implementos rodoviários, o qual apoia-se em seis passos: (i) Coleta e tratamento dos dados históricos de demanda; (ii) Seleção do modelo de previsão de demanda quantitativo; (iii) Ajuste das previsões através da opinião de especialistas; (iv) Geração da matriz BOM; e (v) Geração do relatório MRP, com as solicitações de reposição pertinentes.

No Capítulo 4, realiza-se a aplicação do método proposto no Capítulo 3 através de um estudo de caso no segmento em questão.

No Capítulo 5, relatam-se as considerações finais do estudo.

## 1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Esse estudo apoiou-se em dados históricos de demanda de um único produto da empresa analisada, o qual representa o maior volume em unidades de venda e maior volume financeiro de venda. Outros produtos e suas influências sobre a política de reposição de insumos não foram avaliados.

No método proposto não foram considerados possíveis estoques por férias coletivas e possíveis manutenções preventivas e/ou corretivas. (dependerá dos dados finais)

Também não foram abordados aspectos relacionados a custos na sistemática proposta, os quais podem influenciar na estratégia de ressuprimento (momento de colocação de pedidos e quantidade a ser requisitada, dentre outros). Por fim, aspectos relacionados ao MRP II, como capacidade e demais limitações de cunho operacional, não foram consideradas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica dos temas abordados nesta dissertação, enfatizando métodos quantitativos de previsão de demanda, ajuste qualitativo de demanda e MRP.

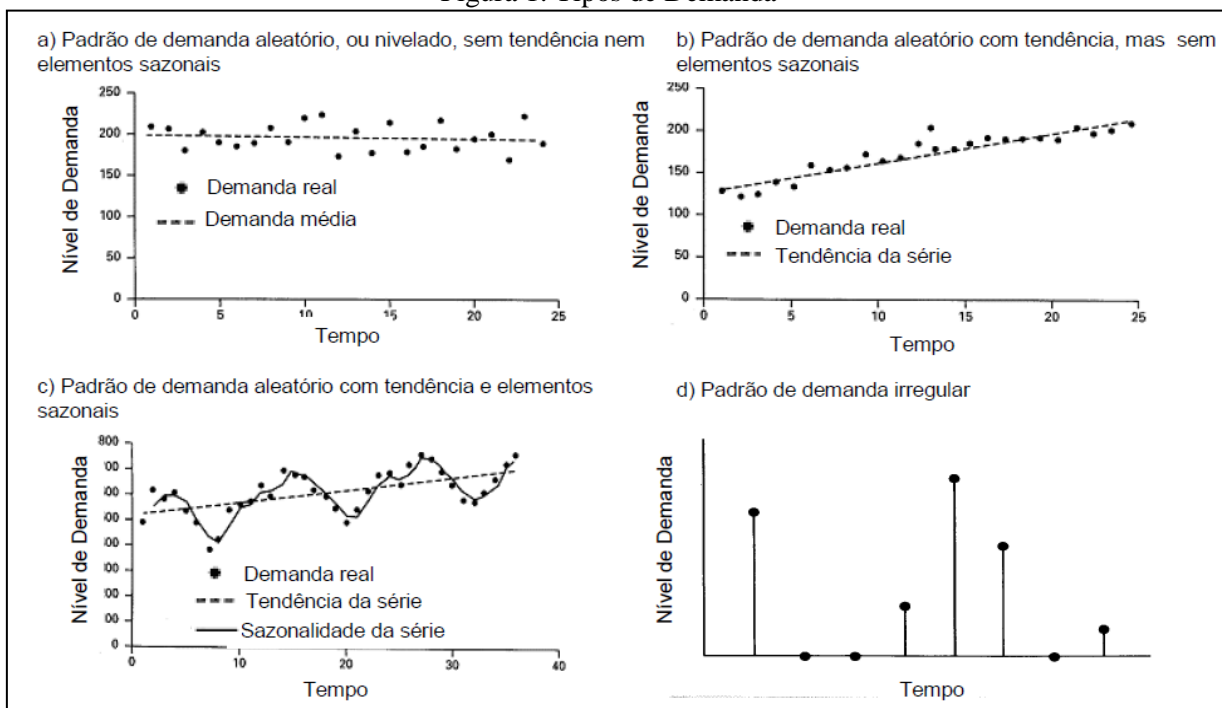
### 2.1 PREVISÃO DE DEMANDA

A demanda pode ser entendida como a quantidade de produto que suprirá a exigência do mercado consumidor, a qual é variável por tipo de produto, área geográfica e tempo de atendimento. Empresas que contam com tais informações conseguem aprimorar o atendimento do seu cliente, visto que controlam de forma mais precisa as entradas do sistema (ANZANELLO, FERNANDE, 2010; BALLOU, 2007; CASAGRANDE, HOSS, 2010; LEMOS, 2006; WERNER, 2004). A compactação dessas informações gera a orientação para o ambiente produtivo, como a justificativa para investimentos no aumento da capacidade (CASAGRANDE, 2010; LEMOS, 2006) e contribui em toda a extensão estratégica da organização (BALLOU, 2007; CASAGRANDE, 2010; LEMOS, 2006).

A previsão da demanda permite atuar em termos de estoques, quantidade de efetivos, processos e operações gargalos e administrar a relação com o cliente, sendo possível antever os suprimentos que serão necessários à produção. Por outro lado, elaborar a previsão da demanda não é uma missão simples, pois a mesma é baseada em dados históricos, que poderão ou não se repetir (KRAJEWSKI, RITMAN, MALHOTRA, 2009).

A forma como a demanda se comporta em um determinado período de tempo dá origem às séries temporais, as quais são classificadas em regular e irregular. A demanda regular pode ser decomposta em componentes que incluem a demanda média (mantém uma demanda horizontal), sazonal (representa picos e valões que acontecem sempre nos mesmos períodos, ou seja, em mesmas épocas de um ano), tendencial (representa o movimento em um determinado período) e cíclica (são variações aleatórias, podendo se repetir em períodos de dia, mês, ano ou outros períodos de tempo). Já a demanda irregular, também chamada de aleatória, é caracterizada pela intermitência e irregularidade dos dados (KRAJEWSKI, RITMAN, MALHOTRA, 2009; LEMOS, 2006). A Figura 1 ilustra distintos perfis de demanda em relação ao fator tempo.

Figura 1: Tipos de Demanda



Fonte: Ballou *apud* Lemos (2006)

Métodos para obtenção da previsão da demanda são tipicamente classificados em quantitativos e qualitativos (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; BALLOU, 2007; LEMOS, 2006). Métodos qualitativos apoiam-se nas experiências vivenciadas por especialistas de processo e pelos *feedbacks* do mercado e clientes em relação a possíveis aquisições. Os métodos qualitativos utilizam como dados para tomadas de decisão a experiência de especialistas extraídas através de questionamentos embasados em determinadas técnicas (LEMOS, 2006); de tal forma, poderão ser baseados em dados históricos ou apenas no *feeling* de especialistas (CASAGRANDE, HOSS 2010). Esses métodos são muito questionados em virtude de serem suscetíveis às tendências individuais de cada especialista, como otimismo, conservadorismo e percepção seletiva (LEMOS, 2006).

Por sua vez, os métodos quantitativos desdobram-se em duas frentes: (i) causais, que tratam os dados oriundos de eventos especiais como promoções, e (ii) temporais, as quais avaliam variações da demanda em relação ao tempo, evidenciando tendências e sazonalidades (KRAJEWSKI, RITMAN, MALHOTRA, 2009). Tais métodos são detalhados na sequência.

## 2.2 MÉTODOS QUANTITATIVOS

Os métodos quantitativos podem ser expressos por diversos modelos matemáticos, definidos de acordo com o cenário temporal apresentado pela situação a ser avaliada. Esse cenário poderá se diferenciar pelas suas variações de média, sazonalidade, ciclo e tendência (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; PELLEGRINI, 2000). Dentre os diversos métodos quantitativos de previsão de demanda disponíveis na literatura, incluem-se a Média Móvel, a Suavização Exponencial e a Análise de Regressão, detalhadas na sequência.

### 2.2.1 Média Móvel

A média móvel simples é um método amplamente difundido e facilmente calculado. Consiste na média dos últimos itens observados dos valores de uma determinada série temporal. (GRAEML, PEINADO, 2007; FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001). A média móvel simples é expressa pela equação (1).

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{k} \quad (1)$$

Onde:  $i$ : número de ordem de cada período mais recente;  $k$ : número de períodos;  $D_i$ : demanda realizada no período  $i$ ;  $P_j$ : previsão para o período  $j$ .

Pela simplicidade do método, não se recomenda a aplicação em períodos onde se apresenta tendência ou sazonalidade considerando que, quanto maior a quantidade de dados observados, maior será a influência no resultado da demanda, ou que se remova possíveis influências do período a ser analisado, também é indicado a utilização dos dados em conjunto de períodos, sempre acrescentando aos conjuntos mais recentes um número dos definidos anteriormente, não esquecendo de, a cada novo período calculado, retirar um dos períodos mais antigos, muitas vezes considera-se apenas os três últimos períodos (GRAEML, PEINADO, 2007; ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006).

Outra alternativa é a média móvel ponderada, a qual se torna possível a utilização para dados com características de tendência e sazonalidade, pois estes são gradualmente ponderados através de pesos que são necessários estabelecer, sendo essa a dificuldade desse

método (GRAEML e PEINADO, 2007; PELLEGRINI, 2000). A média móvel ponderada é expressa pela equação (2).

$$P_j = (D_1 \times PE_1) + (D_2 \times PE_2) + (D_3 \times PE_3) + \dots + (D_n \times PE_n) \quad (2)$$

$$\text{sendo } PE_1 + PE_2 + PE_3 + \dots + PE_n = 1$$

Onde:  $n$ : número de períodos (tamanho da série temporal);  $P_j$ : previsão para o período  $j$ ;  $PE_i$ : peso atribuído ao período  $i$ ;  $D_i$ : demanda do período  $i$ .

### 2.2.2 Suavização Exponencial

O método de Suavização Exponencial decompõe uma determinada série temporal em componentes e então calcula a previsão de demanda a partir da média ponderada com progressão geométrica dos dados temporais (ou seja, maiores pesos influenciam os dados mais recentes, enquanto que pesos menores os dados mais antigos) (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006). Dessa forma, o método é caracterizado pela simplicidade e por ser facilmente adaptável a diversas aplicações práticas (FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001; PELLEGRINI, 2000). Esse método apresenta o melhor custo-benefício, pois além das características anteriores, pode ser aplicado para um grande volume de itens. Os métodos de suavização exponencial se dividem em Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial Linear de Holt e Método de Holt-Winters (LEMOS, 2006; PELLEGRINI, 2000), detalhados na sequência.

A Suavização Exponencial Simples trabalha com dados relativos ao período anterior, os quais são ajustados através da multiplicação dos componentes “erro de previsão do período anterior” e “constante de amortecimento” (ANZANELLO, FERNANDES, 2010). O método é indicado para grandes volumes de dados com tolerância de nível e ruído, porém os dados devem apresentar constância (FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001; LEMOS, 2006; PELLEGRINI, 2000). A Suavização Exponencial Simples é calculada de acordo com a equação (3) (LEMOS, 2006; ANZANELLO, FERNANDES, 2010).

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (3)$$

Onde:  $F_{t+1}$ : Previsão do período  $(t + 1)$ ;  $F_t$ : Previsão do período  $t$ ;  $Y_t$ : Demanda verificada no período  $t$ ; e  $\alpha$ : constante de suavização que pode assumir valor de 0 a 1, sendo que, quanto

mais próximo de zero, menor é o ajuste e as demandas são mais uniformes e estáveis; por outro lado, quanto mais próximo de um, maior é o ajuste em relação ao erro da previsão anterior e as demandas são mais recentes e sensíveis a mudanças.

A Suavização Exponencial Dupla de Holt parte do princípio da Suavização Exponencial Simples, porém foca-se em dados com tendência linear (PELLEGRINI, 2000), apresentando declividade em um determinado intervalo de tempo (FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001), sem sazonalidade, de acordo com as equações (4) a (6), (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (4)$$

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

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

A equação (4) é utilizada para calcular a previsão da demanda, ao passo que a equação (4) ajusta a estimativa de nível de acordo com a tendência do período anterior e a equação (5) atualiza a tendência com a suavização de dois níveis, executando a combinação desses valores (PELLEGRINI, 2000). Os termos da equação são  $F_{t+m}$ : previsão para o período  $(t + m)$ ;  $m$ : horizonte da previsão;  $L_t$ : estimativa do nível da série temporal no período  $t$ ;  $b_t$ : estimativa de tendência da série temporal no período  $t$ ;  $\alpha$ : constante de suavização;  $\beta$ : constante de suavização.

Já o modelo de Holt-Winters é recomendado para situações onde os dados apresentam sazonalidade (CASAGRANDE, HOSS, 2010; PELLEGRINI, 2000). Esse método pode ser do tipo multiplicativo (sazonalidade varia conforme a demanda) ou aditivo (sazonalidade varia independentemente da demanda) (CASAGRANDE, HOSS, 2010; LEMOS, 2006; PELLEGRINI, 2000). O modelo multiplicativo utiliza as equações (7) a (10) (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006; PELLEGRINI, 2000):

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

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

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

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

Onde  $s$ : número de períodos por ciclo sazonal;  $S_t$ : estimativa do componente sazonal da série

temporal do período  $t$ ;  $\alpha$ : constantes de suavização (0 a 1);  $\beta$ : constantes de suavização (0 a 1); e  $\gamma$ : constantes de suavização (0 a 1).

Já o método de Holt-Winters aditivo utiliza as equações (11) a (14). A diferença entre os métodos Aditivo e Multiplicativo é que os índices de nível são somados (ou subtraídos) e multiplicados (ou divididos) respectivamente (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006; PELLEGRINI, 2000). Os termos das equações são idênticos aos anteriormente definidos.

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

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

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

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

### 2.2.3 Análise de Regressão

Esse método avalia variações na demanda (variável dependente) decorrente de alterações em uma ou mais variáveis independentes, as quais podem representar tempo ou aspectos causais, como temperatura e volume de investimentos (LEMOS, 2006; WERNER, 2004). Conforme exemplo citado por Mentzer e Gomes *apud* Lemos (2006), se houvesse três variáveis causais, são necessários no mínimo vinte dados históricos para executar esse modelo. Duas variantes tipicamente são analisadas no contexto de Análise de Regressão: Regressão Linear Simples e Regressão Linear Múltipla.

O método de Regressão Simples é caracterizado pela linearidade na combinação entre a variável  $Y_i$  de demanda dependente (a ser prevista) e  $X_i$ , que representa a demanda independente. A linearidade da relação entre essas variáveis é controlada pelos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  (LEMOS, 2006; WERNER, 2004), conforme a equação (15) (LEMOS, 2006).

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + e_i \quad (15)$$



Onde  $Y_i$ : variável dependente ou a ser prevista no período  $i$  (demanda);  $\alpha$ : coeficiente linear;  $\beta$ : coeficiente angular;  $X_i$ : variável independente ou explicativa no período  $i$ ; e  $e_i$ : erro aleatório no período  $i$ ;  $i$ : período.

Já na Regressão Múltipla, a relação ocorre entre uma variável dependente ( $Y_i$ ) com outras  $K$  variáveis independentes (LEMOS, 2006; WERNER, 2004). A equação (16) expressa o modelo genérico da regressão múltipla (LEMOS, 2006).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} + e_i \quad (16)$$

Onde  $Y_i$ : variável dependente ou a ser prevista no período  $i$  (demanda);  $\beta$ : coeficiente angular (podem ser obtidos pelo teste  $F$ );  $X_{k,i}$ : variável independente ou explicativa no período  $i$ ; e  $e_i$ : erro aleatório no período  $i$ ;  $i$ : período;  $k$ : número de períodos.

Por fim, um dos grandes desafios impostos quando da aplicação de previsão de demanda consiste na definição do melhor modelo a ser utilizado. Uma das abordagens tradicionalmente utilizadas para a escolha do modelo consiste em verificar o somatório dos erros gerados pelo modelo frente aos dados históricos; o modelo que apresentar o menor somatório de erros é tido como responsável pelo melhor desempenho na obtenção da previsão de demanda (FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001; CALÔBA, CALÔBA, SALIBY, 2002).

Uma das formas para efetuar essa definição é através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para o qual um ajuste perfeito do modelo aos dados da série resulta no valor 1 para  $R^2$ , porém são aceitáveis valores de  $R^2 > 0,6$  (PELLEGRINI apud LEMOS, 2006).

Outra forma muito utilizada para comparar os resultados dos métodos qualitativos é o *MAPE* (*Mean Absolute Percentage Error*) a qual traz a média dos erros percentuais absolutos e menos afeta os valores extremos (FOGLIATTO, PELLEGRINI, 2001; LEMOS, 2006), calculada de acordo com a equação (17) (CALÔBA, CALÔBA, SALIBY, 2002; LEMOS, 2006).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \quad (17)$$

Onde  $\hat{Y}_i$ : variável de previsão de demanda no período  $i$ ;  $Y_i$ : variável dependente ou a ser prevista no período  $i$ , ou seja, valor de demanda atual;  $Y_t$ : valor pontual da série temporal no período  $t$ ;  $i$ : período;  $t$ : período pontual;  $n$ : número de períodos considerados para o cálculo de medida de acurácia.

### 2.3 MÉTODOS QUALITATIVOS PARA AJUSTE DE DEMANDA

Paralelamente, os métodos quantitativos de previsão de demanda, independentemente do método, tratam os dados apenas de acordo com os dados de demandas passadas. Os métodos qualitativos para ajuste de previsão de demanda, por sua vez, avaliam os dados considerando as características subjetivas não presentes na série, as quais dependem da cultura local, segmento a ser tratado, condições climáticas e políticas, dentre outros (ROSSETTO *et al.*, 2011).

Considerando a importância de ambas as análises, Rossetto *et al.* (2011) recomendam que o modelo de previsão de demanda seja misto, principalmente quando o intuito é prever mais de três meses à frente. Casagrande e Hoss (2010) acrescentam que o método misto é a adequação dos dados estatísticos, obtidos na análise quantitativa, por intermédio de métodos qualitativos de ajuste. Werner e Ribeiro (2006) corroboram a informação anterior, apontando que melhores resultados são obtidos com a junção de mais de um método. Tais autores chamam essa forma de ajuste de modelo composto e ainda complementam afirmando que o ponto estratégico está em conhecer os diferentes métodos e saber como utilizá-los. Já para Dias (2004) e Casagrande e Hoss (2010), o ajuste deve ser feito apenas em pontos específicos, onde há influência de características subjetivas.

Werner e Ribeiro (2006) estudaram um modelo de previsão composto, onde relatam que esse modelo consiste na reunião de informações matemáticas e subjetivas. Werner e Ribeiro (2006), Dias (2004) e Casagrande e Hoss (2010) descrevem que, para geração da combinação, deve-se iniciar com o modelo quantitativo tratando os dados estatisticamente; somente depois, com essa primeira avaliação concluída, aplicar o modelo qualitativo analisando os dados de acordo com a interpretação dos especialistas. Esse curso de ação assegura a melhor acurácia preditiva, de acordo com os autores.

Werner (2004) acrescenta que a opinião de especialistas pode ajudar quando o histórico ou a situação do momento apresentam perfil instável, diminuindo a inconsistência e estreitando as possibilidades de erro. Tais opiniões corrigirão variações que a estatística não contempla. O método qualitativo a ser escolhido dependerá dos objetivos do pesquisador. Dias *apud* Bernardo, Junior e Santos (2015) acrescenta que apenas 25% das empresas, vistas no seu estudo, utilizam somente métodos quantitativos; a grande maioria utiliza métodos qualitativos ou realiza o ajuste das previsões obtidas através de algum método qualitativo.

Quando os resultados de previsão de demanda são avaliados qualitativamente através de um método conceituado, essa avaliação é orientada e estruturada de forma que o resultado final, além de ser constituído por embasamentos, torna-se mais preciso (ANZANELLO, FERNANDES, 2010). Esses métodos, apesar de muito questionados em virtude de serem suscetíveis às tendências individuais de cada especialista (como otimismo, conservadorismo e percepção seletiva), ainda conseguem ajustar o resultado final de um método quantitativo reduzindo custos e complexidade do planejamento e programação da produção (LEMOS, 2006). Na sequência serão abordados os seguintes métodos qualitativos: Jogo de Representação, Pesquisa de Intenções, *Delphi* e Opinião de Especialistas.

### **2.3.1 Jogo de Representação (*Role Playing*)**

O *Role Playing* é a base para o desenvolvimento de uma série de jogos computacionais, porém a origem do método é o jogo de mesa (método ainda utilizado como uma alternativa de aprendizado) (BITTENCOURTH, GIRAFFA, 2003), o qual é recomendado quando há opiniões divergentes e poucos dados qualitativos (LEMOS, 2006). O jogo de mesa proporciona melhor interatividade entre os participantes, desenvolvendo a relação de prioridade “eu-outro” (GUIMARÃES, 2007). Segundo experimentos realizados por Armstrong (2002), o método *Role Playing* apresenta melhor acurácia na análise final dos dados do que outros métodos que não se apoiam em um roteiro pré-estabelecido. Para Bernardo (2015), esse método é interessante quando existe grande conflito entre a opinião dos especialistas, de forma que a avaliação será feita por meio de regras pré-estabelecidas.

### **2.3.2 Pesquisa de Intenções**

Este método tem como objetivo avaliar situações futuras através da observação de como os participantes se comportariam perante determinadas situações, principalmente em se tratando do tipo e volume de aquisições dos clientes. Três fatores são de grande importância: a seleção de pessoas que responderão ao questionário, a resposta que será recebida (pois as pessoas poderão ser politicamente corretas e então não demonstrarem sua real intenção), e ainda pessoas que não responderão as questões com receio de que isso seja utilizado contra elas. Por isso, é importante, quando se trata de produto, selecionar clientes potenciais para que

as respostas tenham um índice maior de veracidade (LEMOS, 2006). Nesse contexto, os entrevistados são avaliados através de seus objetivos, metas e atitudes perante determinada situação (ANZANELLO, FERNANDES, 2010). Para Bernardo (2015), esse método é mais utilizado quando o grande objetivo é prever a demanda de algum produto que será inserido no mercado, dessa forma os especialistas irão focar um único produto e não apenas no planejamento de materiais.

### **2.3.3 Delphi**

O método Delphi leva em consideração a opinião em conjunto de especialistas, de forma que o raciocínio em conjunto é mais confiante do que apenas uma pessoa (LEMOS, 2006; ROSSETTO *et al.*, 2011). Por considerar a opinião de grupo, tem como uma de suas muitas características ser mais preciso do que outros métodos qualitativos, visto que não seguirá a tendência de apenas um especialista (ROSSETTO *et al.*, 2011).

Esse método não trabalha com reuniões, pois considera essa atividade improdutiva. Desta forma, o método Delphi é apoiado em contabilização estatística e visa o anonimato das respostas dos especialistas, uma vez que, após o treinamento, cada especialista responde ao questionário individual (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; LEMOS, 2006; SECURATO, 1997). O questionário é composto por 15 a 25 perguntas específicas do segmento/assunto com embasamento teórico e visa à obtenção rápida das respostas (LEMOS, 2006; SECURATO, 1997). Essa relação de perguntas é elaborada de forma a obter perspectivas futuras e possíveis variações da demanda (ANZANELLO, FERNANDES, 2010; SECURATO, 1997). A escolha dos especialistas deve respeitar a diversidade dos mesmos, não se limitando apenas a pessoas da organização, pois a visão do mercado consumidor é muito importante para que o resultado não seja tendencioso (LEMOS, 2006). Para Bernardo (2015), esse método estrutura um processo de comunicação de forma a evitar a divergência de opiniões entre o grupo de especialistas, focando na convergência das mesmas.

### **2.3.4 Opinião de Especialistas**

Para Rossetto *et al.* (2011) esse modelo trata-se de um método que reúne um representante de cada área, sendo que este deve ter domínio de todas as atividades de sua área

para poder contemplar as variáveis que poderão afetar na previsão da demanda. Os métodos de previsão sempre envolverão uma opinião humana sendo frequentemente necessária em função de informações que abastecem os modelos estatísticos. Essas opiniões se tornam ainda mais importantes quando as informações apresentam determinadas variações, buscando a melhor acurácia dessas variações é que alguns estudiosos relatam que existe uma preferência da previsão considerando opiniões, mas que é necessário extrair a informação administrando possíveis tendências dos especialistas (WERNER, 2004).

Especialistas em analisar previsões, conseguem chegar a resultados com menor custo (ARMSTRONG, 2002), ou seja, com maior precisão dos resultados (ANZANELLO, MENEGHINI, 2013). Os especialistas é que poderão contribuir com informações como: “aspectos da política da empresa, peculiaridades físicas dos itens a serem modelados e aspectos ambientais” (ANZANELLO, FERNANDES, 2010) e “promoções, propagandas” (ANZANELLO, MENEGHINI, 2013).

Morris *apud* Werner (2004) define especialista como “qualquer pessoa que tenha conhecimentos especiais sobre certo evento”; dessa forma, esse método se baseia na reunião de especialistas de diferentes áreas, os quais irão listar variáveis para justificar seus valores de previsão. Werner (2004) aborda o formato entrevista como uma forma para extrair informações. A entrevista pode ser feita de três formas: conversa informal na qual o pesquisador conduz o assunto, conversa com roteiro (sendo esse um guia da conversa, a qual permite pequenos adendos), ou um questionário padrão que permitirá que todos os especialistas passem exatamente pela mesma investigação.

Individualmente é possível ir mais afundo, pois a relação entrevistador e entrevistado tem uma interação direta, porém, para que o especialista consiga deixar claro com suas palavras as variações que interpreta ser considerável, dependerá muito do pesquisador (pois esse tem a missão de fazer com que os especialistas compreendam os seus objetivos) (WERNER, 2004).

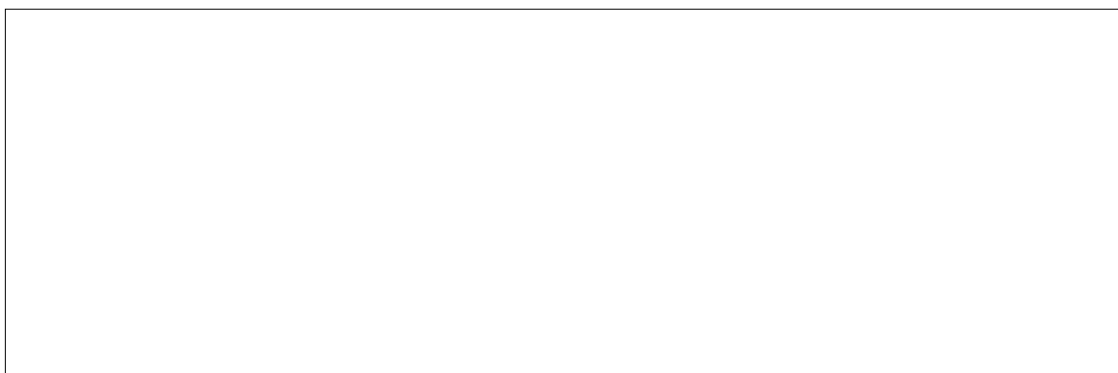
#### 2.4 MRP (*MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING*)

A metodologia MRP (*Material Requirements Planning*) teve origem nos Estados Unidos em meados do século XX e defende que as empresas possuem em suas estruturas

fábricas demandas dependentes (itens que compõem a estrutura de produto) e independentes (produto pronto e vendido) (BATALHA, STHALBERG, 1994; KURBEL, 2013). Dentre os principais benefícios do MRP, pode-se citar a redução de estoques (entradas e saídas – compra de matéria-prima e produtos prontos) e maior atendimento a prazos de entrega (FERNANDES, 2006; KURBEL, 2013). De acordo com Carvalho (1998) o grande objetivo do MRP é preestabelecer as matérias-primas/suprimentos de acordo com o tempo/capacidade de fábrica, os quais serão necessários para produzir a carteira de pedidos de uma determinada organização.

Para operacionalizar o MRP, é fundamental conhecer detalhadamente as estruturas de produtos e suas demandas. A estrutura de produto é descrita pela Lista de Materiais (*Bill of Material* – BOM), a qual descreve todas as matérias-primas e insumos necessários para a concepção do produto. A Figura 2 ilustra duas formas de gerar uma matriz BOM: a primeira em formato de árvore e a segunda em lista corrida, sendo que em ambas é possível identificar o item “pai” (produto final: no exemplo “caneta”) e os itens “filhos” (matérias-primas e insumos) (LAURINDO, 2000).

Figura 2: Exemplo de Lista de Materiais



Fonte: Laurindo (2000)

A partir da matriz BOM e das demandas, então é possível construir e preencher o relatório MRP de acordo com a Tabela 1 (LAURINDO, MESQUITA, 2000). Os períodos de tempo na unidade mais apropriada são representados pelas colunas, enquanto que 5 variáveis de interesse associadas ao balanço de material devem ser preenchidas nas linhas da Tabela 1 (BATALHA, 1994; CARVALHO *et al.*, 1998; LAURINDO, 2000):

- a) Necessidade Bruta (linha 1): é a previsão de demanda de produto acabado ou insumo em cada período (no exemplo hipotético da Tabela 1, período 6, tem-se 50);

b) Recebimentos Planejados, também chamados de Entrega agendada (linha 4): é a liberação planejada do pedido, ou seja, representa o recebimento programado para o início de cada período (deve levar em consideração o *lead time* de recebimento, para o exemplo da tabela 1 = 2 períodos. Ainda nesse exemplo temos que o recebimento planejado para o período 5 = 100 e para o período 6 = 0);

c) Estoque Projetado, também chamado de Estoque esperado (linha 3): trata-se do inventário de cada item disponível no início de cada período, representando o estoque atual e o projetado em função do consumo e dos recebimentos futuros. Calcula-se o estoque esperado somando o estoque anterior à entrega agendada, e após subtraindo a necessidade bruta (no exemplo hipotético da Tabela 1, período 6, tem-se  $60 + 0 - 50 = 10$ , estoque esperado do período 7); Estoque Esperado deve ser obtido através da Equação (18).

$$I_{jt} = \max\{0, I_{j,t-1} + S_{j,t-1} - G_{j,t-1}\} \quad (18)$$

Onde  $I_{jt}$ : quantidade esperada do item  $j$  em estoque no início do período  $t$  (exceto itens atrasados);  $S_{jt}$ : entrega agendada do item  $j$  durante o período  $t$ ;  $G_{jt}$ : demanda bruta do item  $j$  durante o período  $t$ .

d) Recebimentos Programados, também chamados de Necessidade líquida (linha 2): Trata-se da subtração da entrega agendada (recebimentos planejados) e do estoque esperado (estoque projetado) do valor da necessidade bruta para cada período. Valores maiores do que zero quantificam a escassez de determinado item. Estão associados às ordens de produção em progressão na fábrica. Necessidade Líquida deve ser obtida através da Equação (19).

$$N_{jt} = \max\{0, G_{j,t} - S_{j,t} - I_{j,t}\} \quad (19)$$

Onde  $N_{jt}$ : necessidade líquida do item  $j$  no período  $t$ ;  $I_{jt}$ : quantidade esperada do item  $j$  em estoque no início do período  $t$  (exceto itens atrasados);  $S_{jt}$ : entrega agendada do item  $j$  durante o período  $t$ ;  $G_{jt}$ : demanda bruta do item  $j$  durante o período  $t$ .

e) Ordens Planejadas, também chamadas de Liberação planejada do pedido (linha 5): são os lançamentos de ordens de compra previstos ou ordens de fabricação de “kits” necessários para o próximo período. O dimensionamento do lote a ser liberado tipicamente leva em consideração restrições financeiras ou físicas para a

análise e definição. É importante enfatizar que a liberação planejada de determinado item representa as necessidades brutas dos itens nos níveis abaixo, no mesmo período de tempo considerado. As Ordens de produção devem ser planejadas e emitidas de forma que o estoque projetado não seja negativo em nenhum período futuro. À medida em que as ordens planejadas são liberadas para a fábrica, são substituídas por recebimentos programados. É em função das necessidades líquidas e da política de formação de lotes para do item, determinam-se as ordens de produção planejadas.

Tabela 1: Modelo hipotético de relatório básico do MRP

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8
Necessidades Brutas	100	80	100	50	80	50	100	40
Recebimentos Programados		200						
Estoque Projetado	170	70	190	90	40	60	10	60
Recebimentos Planejados					100		150	
Ordens Planejadas			100		150			

Fonte: Laurindo, Mesquita (2000)

## 2.5 APLICAÇÕES DE PREVISÃO DE DEMANDA E MRP NO SETOR METAL-MECÂNICO

Segundo Nardini e Pires (2002), os quais realizaram uma pesquisa em vinte empresas do setor metal-mecânico, as empresas desse setor no Brasil têm uma grande tendência em investimentos na tecnologia, deixando para trás o desenvolvimento de sistemáticas estruturadas de gestão (como previsão de demanda, MRP e gestão de estoques). Segundo os autores, um número muito reduzido de empresas de grande porte tem investido em sistemas de gestão da produção. Alves *et al.* (2012) aplicaram a suavização exponencial em uma empresa do setor metal mecânico. O intuito foi o planejamento das demandas de vendas de dois produtos, os quais apresentavam comportamentos sazonais. Os resultados obtidos propiciaram melhorias da gestão dos processos produtivos e a adoção de um sistema de monitoramento dos erros de previsão. Os autores enfatizam que, mesmo a empresa sendo caracterizada por restrição de capacidade fabril e devido à grande variedade de produtos, foi possível aprimorar a utilização da capacidade, controlar os estoques e otimizar a aquisição de matérias-primas e contratação de mão de obra.



Com propósitos semelhantes, Britto (2005) implementou um processo de gestão da demanda em uma empresa do setor metal-mecânico localizada na região centro-oeste do país. O estudo gerou uma melhora significativa no desempenho de entrega de produtos, o que justificou a mudança do método produtivo de Produção sob Encomenda (*Make to Order*) para Montagem sob Encomenda (*Assemble to Order*). A empresa em questão alcançou um *lead time* menor, o que proporcionou incrementos na margem de lucro.

Já Donato, Figueiredo e Mayerle (2008) apresentaram uma aplicação ilustrativa de um modelo de planejamento agregado da produção através de uma programação linear em múltiplos períodos. O objetivo foi maximizar a rentabilidade das linhas de produto através de uma melhor programação do mix de produtos, priorizando os itens com maiores margens de contribuição e mantendo em estoque apenas os produtos com menor custo. Esse modelo impactou diretamente nos resultados dessa empresa, beneficiando o lucro operacional, o retorno sobre os ativos e a geração de fluxo de caixa. Também exemplificando esse contexto, Cassel e Vaccaro (2007) realizaram um estudo com o intuito de elaborar um modelo matemático para viabilização do mix de produção planejado mensalmente. A fabricação era restringida em função do número de ferramentas existentes no sistema produtivo, pois o custo desse ferramental seria elevado; dessa forma o mix de produção era variado ao longo do ano. A empresa não possuía base de conhecimento para estabelecer um número ideal de ferramentas; com a definição e aplicação de uma programação matemática adequada, foi possível realizar tal avaliação.

Martins e Sacomano (1994) realizaram uma pesquisa em quatro empresas, com o tema “introdução do novo paradigma produtivo mundial”. Dentre as quatro empresas pesquisadas, três eram do setor metal-mecânico, sendo duas situadas no interior do estado de São Paulo e outra na região metropolitana. O objetivo dessa pesquisa era o estudo do sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP). O resultado da pesquisa apontou a flexibilidade e integração fatores de grande importância para a área de PCP visto que os períodos avaliados mostraram-se de diferentes e opostas formas, caracterizados como períodos “abertos” e “fechados”. Isso se constatou com os períodos de aceleração inflacionária, o que parecia ser um bom negócio, porém, com a estabilização da economia, essa prática passaria a onerar os negócios das empresas.

Em âmbito mundial, dois exemplos mostram indícios das mudanças no setor: Finlândia e Taiwan. Na Finlândia foi constatado que, no início dos anos 90, houve um período

muito interessante para a pesquisa de modelos para *forecasting* para a indústria de diferentes segmentos devido à grande recessão que apresentou nesse período. Em contra partida, nesse período a sociedade demonstrou maior necessidade por essas informações. Essa pesquisa apresentou grandes dificuldades, especialmente nas indústrias têxtil e metalúrgica (KAUPPI, LASSILA e TERÄSVIRTA; 1996). Já a sociedade de Taiwan, caracterizada pela alta tecnologia, fez uso dos métodos de *forecasting* para elaborar sua estratégia futura na indústria de máquinas, justificando os investimentos e apoios para esse segmento considerando um horizonte de dez anos (CHANG, CHUANG, YUAN e WANG; 2002).

### 3 MÉTODO

Os passos operacionais propostos apoiam-se nas seguintes etapas: (i) Coleta e tratamento dos dados de demanda; (ii) Seleção do modelo de previsão de demanda quantitativo; (iii) Ajuste das previsões através da opinião de especialistas; (iv) Geração da matriz BOM; e (v) Geração do relatório MRP, com as solicitações de reposição pertinentes. Tais passos são detalhados na sequência.

#### 3.1 PASSO 1: COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS DE DEMANDA

Para iniciar o processo de modelagem de previsão de demanda, faz-se necessária a coleta de dados que representem o perfil de vendas do produto de interesse. Tal produto é definido com o auxílio de especialistas de processo; os produtos com maior impacto financeiro são candidatos naturais a serem escolhidos. Constituem-se como fontes de dados: registros históricos de pedidos, registros históricos de vendas, dentre outros.

De posse dos dados, deve-se analisar os mesmos em termos de consistência e existência de dados espúrios. Tais dados devem ser suavizados ou eliminados, caso não mostrem probabilidade de repetição futura. Também é recomendado que os dados históricos sejam coletados na menor unidade temporal possível, de forma que agregações dos dados possam ser realizadas no caso de insucesso na modelagem sobre a unidade temporal original (por exemplo, passando de dia para semana caso a modelagem na unidade diária não seja satisfatória).

#### 3.2 PASSO 2: SELEÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO QUANTITATIVO

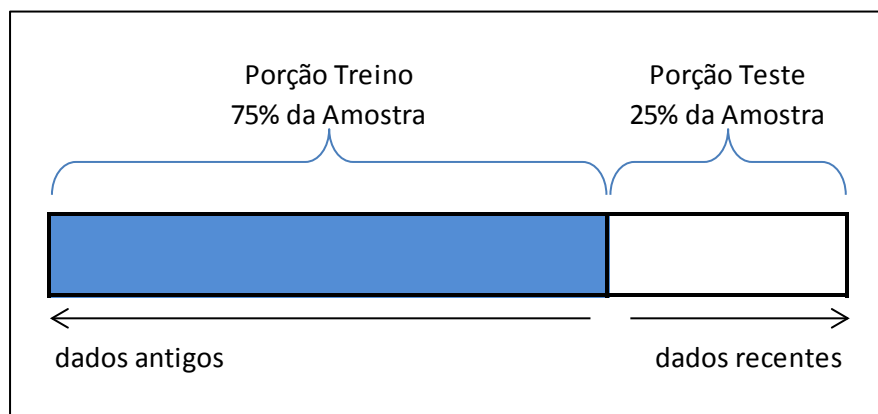
A partir do levantamento dos dados das demandas, é iniciado o processo de modelagem. Primeiramente, divide-se a amostra de dados de demanda em porções de “treino” e “teste”; recomenda-se alocar 75% dos dados iniciais (informações mais antigas) para o grupo “treino”, sobre os quais serão aplicados os modelos de previsão. Os últimos 25% dos dados (informações mais recentes) são destinados ao grupo “teste”, sobre tal porção pretende-

se avaliar a capacidade preditiva dos modelos gerados (representando novas observações a serem previstas), conforme a Figura 3.

Ao ser ajustado aos dados da porção de treino, cada modelo de previsão candidato gerará um coeficiente de determinação  $R^2$ , o qual expressa o grau de aderência do modelo aos dados históricos; o modelo com maior  $R^2$  (mais próximo de 1) apresenta melhor aderência aos dados históricos. Essa análise pode auxiliar na definição do modelo de previsão a ser utilizado.

Outro critério a ser avaliado para a escolha do melhor modelo é o erro de predição das observações inseridas na porção de teste. Recomenda-se utilizar o MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) como métrica para tal avaliação, o qual representa o desvio percentual absoluto entre os valores previstos e os reais de demanda para determinado período; quanto menor o MAPE, maior a capacidade preditiva do modelo. O modelo com o menor MAPE será escolhido para gerar as previsões de demanda, que serão ajustadas, conforme Passo 4 e então alimentarão o relatório MRP, no Passo 5. No caso de dois modelos apresentarem MAPEs idênticos, opta-se pelo modelo responsável pelo maior  $R^2$ .

Figura 3: Divisão da amostra de dados em Treino e Teste



Fonte: Autores

Por fim, o modelo de previsão de demanda selecionado é ajustado à totalidade dos dados históricos ( $n$  períodos) e então utilizado para predição da demanda nos períodos futuros. Recomenda-se que os valores previstos de demanda sejam validados por especialistas de processos e passem por eventual ajuste qualitativo, como detalhado na próxima seção.

### 3.3 PASSO 3: AJUSTE QUALITATIVO

Definido o melhor modelo quantitativo para o produto em questão, passa-se ao ajuste qualitativo, de forma a refinar as previsões oriundas dos modelos matemáticos à realidade do segmento. Tal ação é especialmente necessária quando existem evidências da ocorrência de fenômenos recentes que influenciam a demanda e que não estão contemplados nos dados históricos.

Inicia-se esse processo conversando individualmente com os especialistas de forma a verificar seu conhecimento em PCP e disponibilidade em levantar e analisar as possíveis influências (fatores  $\alpha_j$ ) que poderão influenciar a previsão de demanda. Após, reúnem-se os especialistas e consolidam-se os fatores de maneira coletiva. Tais fatores podem incluir medidas de incentivo recém-tomadas pelo governo ou variações cambiais, dentre outros.

É então elaborada uma matriz para ponderar a influência das opiniões dos especialistas no ajuste qualitativo, conforme exemplo da Tabela 2. Nesse processo, recomenda-se que 50% do peso de decisão sejam distribuídos uniformemente entre os especialistas e que os demais 50% sejam distribuído proporcionalmente ao conhecimento alegado por cada especialista. Para tanto, recomenda-se que os próprios especialistas se comparem em relação aos demais especialistas, descritos no cabeçalho das colunas, em termos de domínio do conhecimento sobre o assunto. A escala de pontuação sugerida é 1 (onde o especialista considera-se com menos conhecimento do que o outro), 2 (quando considera-se com conhecimento equivalente) e 3 (quando considera-se com maior conhecimento em relação ao outro); valores intermediários podem ser utilizados, de acordo com a compreensão dos especialistas. No exemplo da Tabela 2, o especialista A considera-se com conhecimento igual em relação ao especialista B e maior em relação ao C, enquanto o especialista B considera menor conhecimento em relação ao especialista A e menor em relação ao C, e por fim o especialista C considera-se com menor conhecimento em relação ao especialista A e igual em relação ao especialista B.

Em seguida, soma-se individualmente a pontuação de cada especialista; quanto maior o valor da soma, maior o suposto conhecimento deste especialista frente aos demais avaliados. Tal soma é então transformada em um percentual de peso da opinião do especialista em relação ao todo. Esse valor é adicionado ao peso atribuído a cada especialista (16,67%, ou

seja, um terço de 50% da opinião geral). A Tabela 2 exemplifica a avaliação, a ponderação dos 50% restantes da opinião geral e o peso final de cada entrevistado.

Tabela 2: Exemplo da forma de ponderação dos Especialistas.

	<i>Esp</i> <i>. A</i>	<i>Esp</i> <i>. B</i>	<i>Esp</i> <i>. C</i>	<i>Soma</i>	<i>%</i>	<i>Peso (w)</i>
<i>Esp</i> <i>. A</i>	2	2	3	7	$(7/(7+6+5)) * 100\% = 39\%$	$(39\% * 50\%) + 16,67\% = 36\%$
<i>Esp</i> <i>. B</i>	1	2	3	6	$(6/(7+6+5)) * 100\% = 33\%$	$(33\% * 50\%) + 16,67\% = 33\%$
<i>Esp</i> <i>. C</i>	1	2	2	5	$(5/(7+6+5)) * 100\% = 28\%$	$(28\% * 50\%) + 16,67\% = 31\%$
16,67% é obtido dividindo 50% pelo número de especialistas participantes.						

Fonte: Autores

Na sequência, cada especialista é questionado em termos de uma estimativa otimista e outra pessimista em relação a possíveis variações em cada um dos fatores que impactam na demanda. Calcula-se então a média dessas duas pontuações e multiplica-se pelo peso (*w*) gerado anteriormente para tal especialista. Na sequência, somam-se tais resultados de todos os especialistas para cada fator ( $\alpha_j$ ) (Equação 20), onde *w* é o peso dos especialistas. Por fim, soma-se o resultado dos fatores, dando origem ao coeficiente de ajuste  $\alpha'$  (Equação 21). Assim, é possível realizar o ajuste nas previsões obtidas no modelo quantitativo através da Equação 22, onde *P* será o valor ajustado de previsão, *F* o valor obtido pelo modelo puramente quantitativo e *t* o período em avaliação. Tudo isso é exemplificado pelas Tabelas 3 a 5).

$$\alpha_j = w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n \quad (20)$$

$$\alpha' = \alpha_{j1} + \alpha_{j2} + \alpha_{j3} + \dots + \alpha_{jn} \quad (21)$$

$$P_t = F_t(1 + \alpha') \quad (22)$$

Tabela 3: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista A

	<i>Esp. A</i>		<i>Média</i>	<i>w<sub>1</sub></i>
	Pessimista	Otimista		
$\alpha_{j1}$	-35%	10%	-13%	$-13\% * 36\% = -4,514\%$
$\alpha_{j2}$	-10%	20%	5%	$5\% * 36\% = 1,806\%$
$\alpha_{j3}$	0%	50%	25%	$25\% * 36\% = 9,028\%$
$\alpha_{j4}$	-5%	5%	0%	$0\% * 36\% = 0\%$

Fonte: Autores

Tabela 4: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista B

	<i>Esp. B</i>		<i>Média</i>	$w_2$
	Pessimista	Otimista		
$\alpha_{j1}$	-5%	35%	15%	-15% *33% = 5,000%
$\alpha_{j2}$	-10%	25%	8%	8% *33% = 2,500%
$\alpha_{j3}$	-15%	15%	0%	0% *33% = 0%
$\alpha_{j4}$	-45%	20%	-13%	-13% *33% = -4,167%

Fonte: Autores

Tabela 5: Exemplo hipotético da análise dos fatores pelo Especialista C

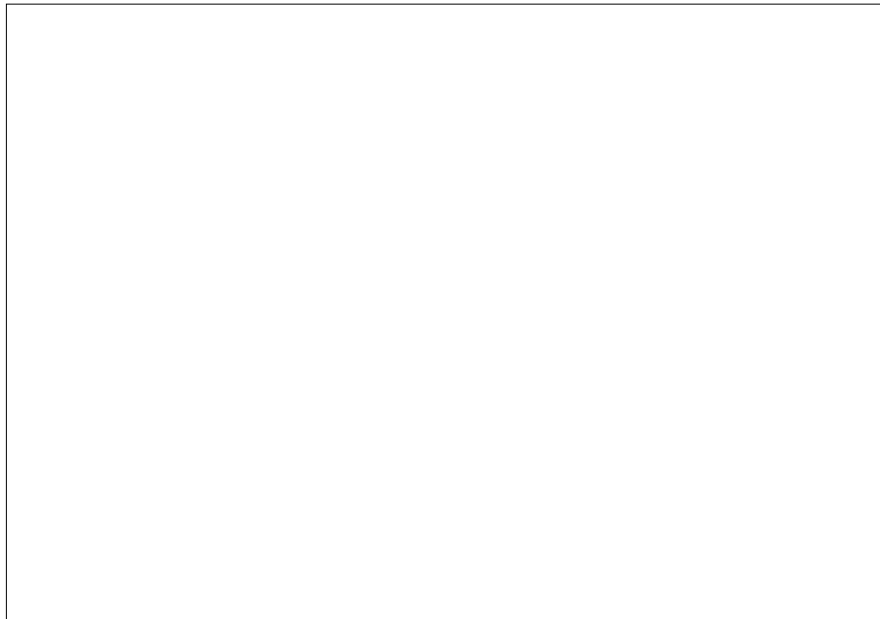
	<i>Esp. C</i>		<i>Média</i>	$w_3$
	Pessimista	Otimista		
$\alpha_{j1}$	-70%	30%	-20%	-20% *31% = -6,111%
$\alpha_{j2}$	-30%	20%	-5%	-5% *31% = -1,528%
$\alpha_{j3}$	-20%	25%	3%	3% *31% = 0,764%
$\alpha_{j4}$	-40%	20%	-10%	-10% *31% = -3,056%

Fonte: Autores

### 3.4 PASSO 4: GERAÇÃO DA MATRIZ BOM

O próximo passo é desmembrar o produto em análise nas matérias-primas e peças que o compõem. Para tanto, utiliza-se o método de estruturação da Lista de Materiais (*Bill of Materials* - BOM), o qual evidencia todas as partes que compõem um produto X e suas respectivas quantidades (Peças do tipo A e kits do tipo B, entre outros), conforme ilustrado na Figura 4. A matriz BOM pode ser vista como um raio-x de cada produto, sendo então operacionalizada para quantificar as partes necessárias para produção de um múltiplo de produtos acabados.

Figura 4: Construção matriz BOM



Fonte: Autores

### 3.5 PASSO 5: GERAÇÃO DO RELATÓRIO MRP

De posse da previsão de demanda do produto em análise e da lista de materiais necessários para a sua concepção, o próximo passo é preencher o relatório MRP, o qual permite estimar as quantidades necessárias de cada parte que compõe o produto perante as demandas previstas. O relatório MRP ainda permite definir o momento mais apropriado para reposição dos materiais demandados na produção do item acabado (matéria-prima, suprimentos e conjuntos), sem gerar estoques desnecessários ou escassez de material.

A operacionalização deve ser realizada de acordo com a seção 2.4 desse estudo. Para o estudo em questão, os valores da “Necessidade Bruta” são as demandas obtidas com as previsões estimadas no passo 3.



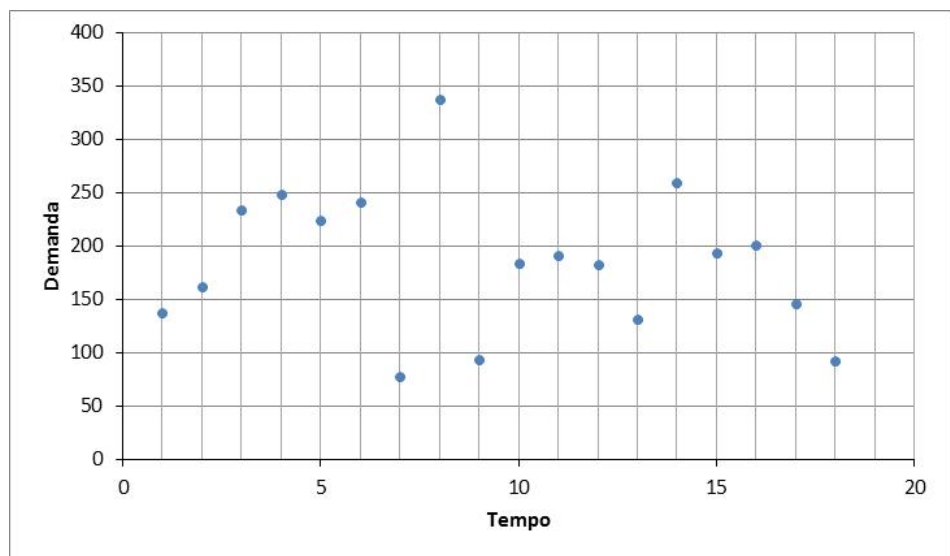
## 4 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa da área metal-mecânica do setor de implementos rodoviários que atende principalmente o segmento de montadoras de furgões. As colocações de pedidos (matéria-prima para atender a produção) são feitas de forma visual, contando com o conhecimento dos especialistas responsáveis por compras. Nesse processo, são avaliados os pedidos que estão em carteira, mas não se considera possíveis pedidos que poderão entrar com curto espaço de tempo para entrega. Para o desenvolvimento deste estudo, foi escolhido um produto representativo na carteira de pedidos da empresa em questão, com base na opinião de especialistas.

### 4.1 COLETA DE DADOS

Inicialmente foram coletados os dados históricos de vendas mensais do produto dos dois últimos anos (junho de 2014 a maio de 2016). Foram obtidos 24 dados, dos quais 18 foram utilizados para composição da porção de treino (75% dos dados originais) e 6 para a de teste. O perfil dos dados históricos da porção de treino é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Tempo vs. Demanda

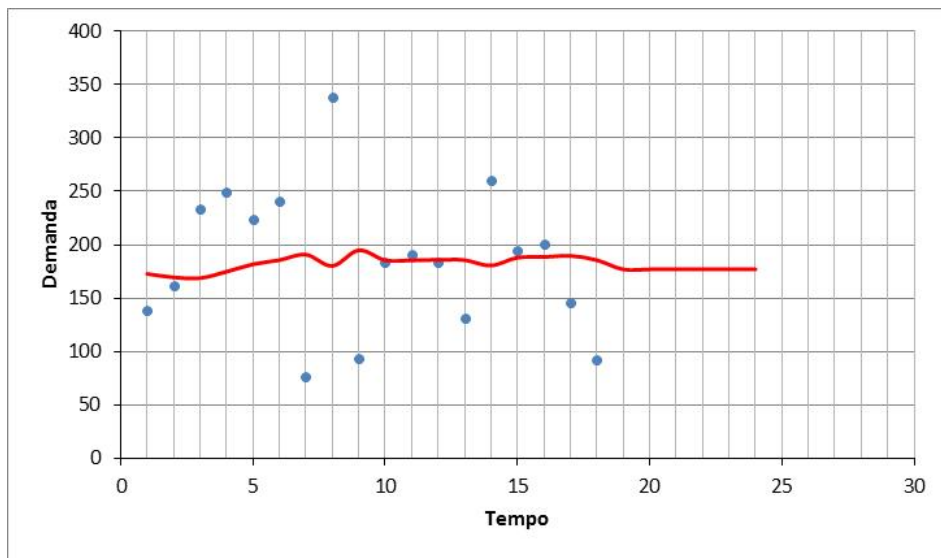


Fonte: Autores

## 4.2 MODELAGEM

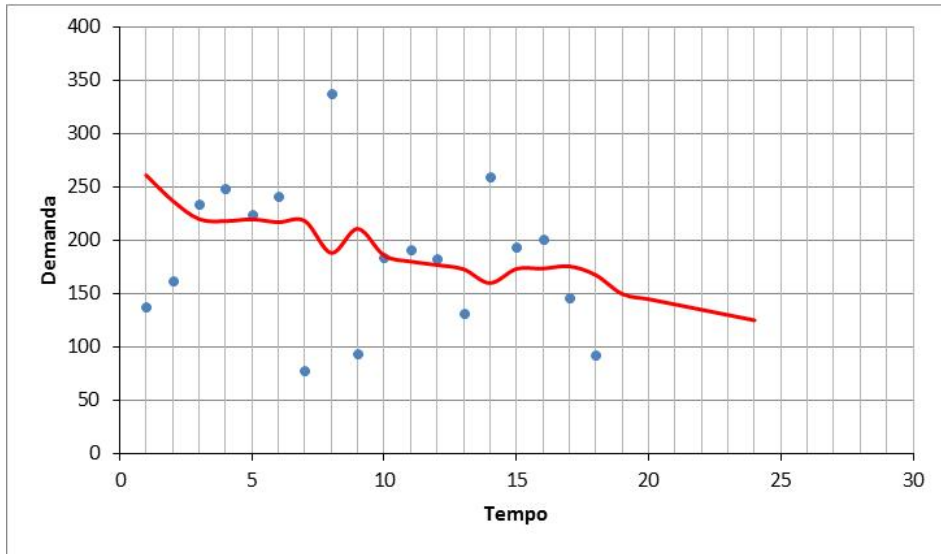
Na sequência, os seguintes modelos de previsão de demanda foram aplicados sobre a porção de treino dos dados: Regressão Simples, Média Móvel (Simples e Ponderada), Suavização Exponencial (Simples e Holt). Apesar de estudadas as Suavizações Exponenciais de Holt-Winter Aditiva e Multiplicativa, verificou-se pelos gráfico da Figura 5 que não é possível capturar efeito sazonalidade, dessa forma serão desconsiderados esses modelos para esse estudo. Para modelar os métodos de Suavização Exponencial e Regressão foi utilizado o software NCSS (*Number Cruncher Statistical System*) e para os métodos de Média Móvel, planilha eletrônica considerando os 6 últimos períodos na Figura 9 e 3 últimos períodos na Figura 11. As modelagens geraram os gráficos das Figuras 6 a 11.

Figura 6: Modelagem – Suavização Exponencial Simples



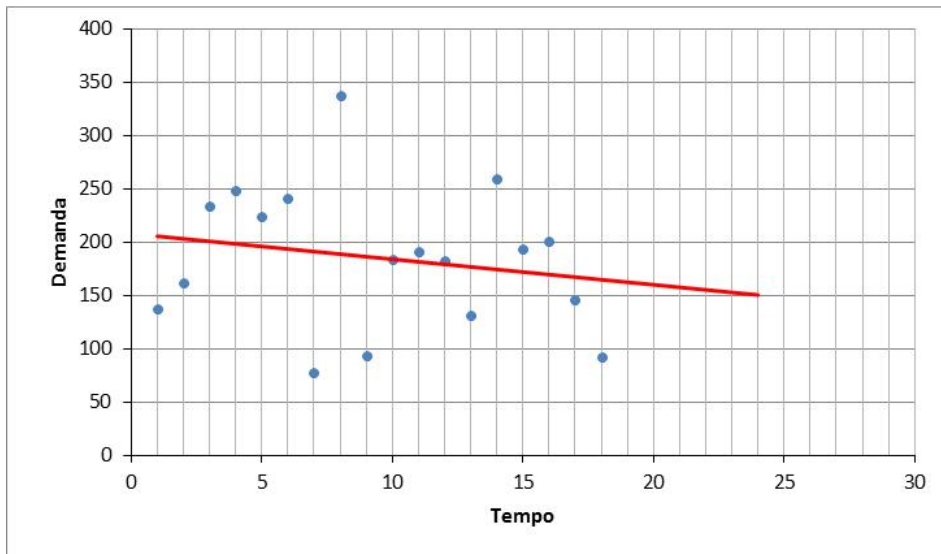
Fonte: Autores

Figura 7: Modelagem – Suavização Exponencial Holt



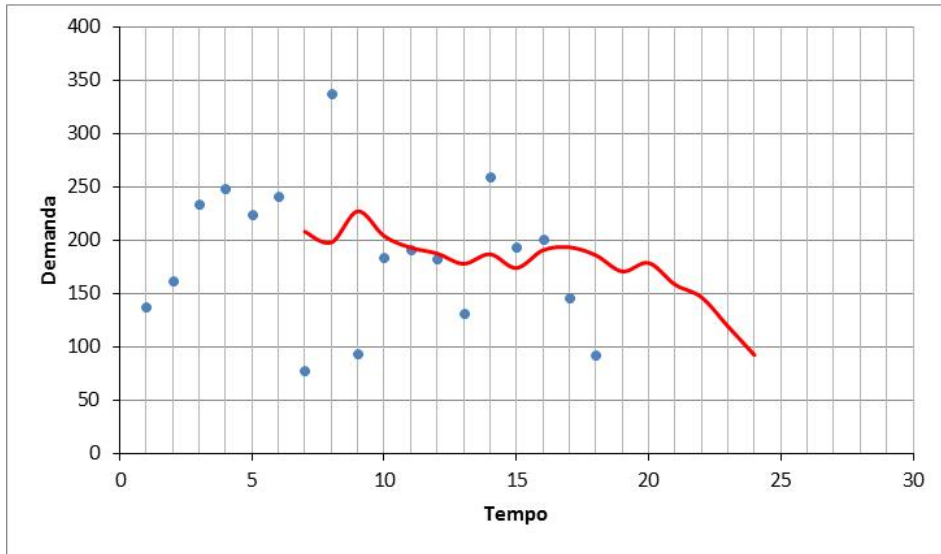
Fonte: Autores

Figura 8: Modelagem – Análise de Regressão Simples



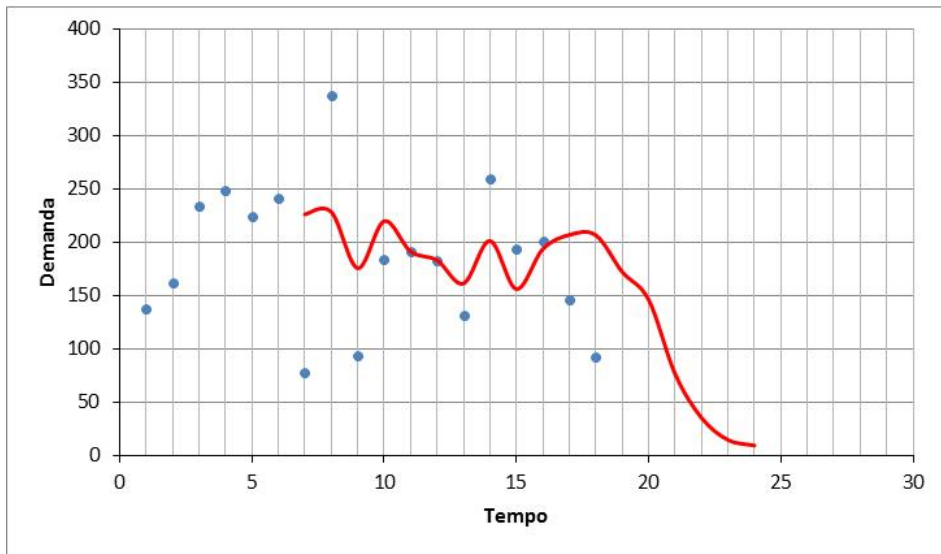
Fonte: Autores

Figura 9: Modelagem – Média Móvel Simples (seis últimos períodos)



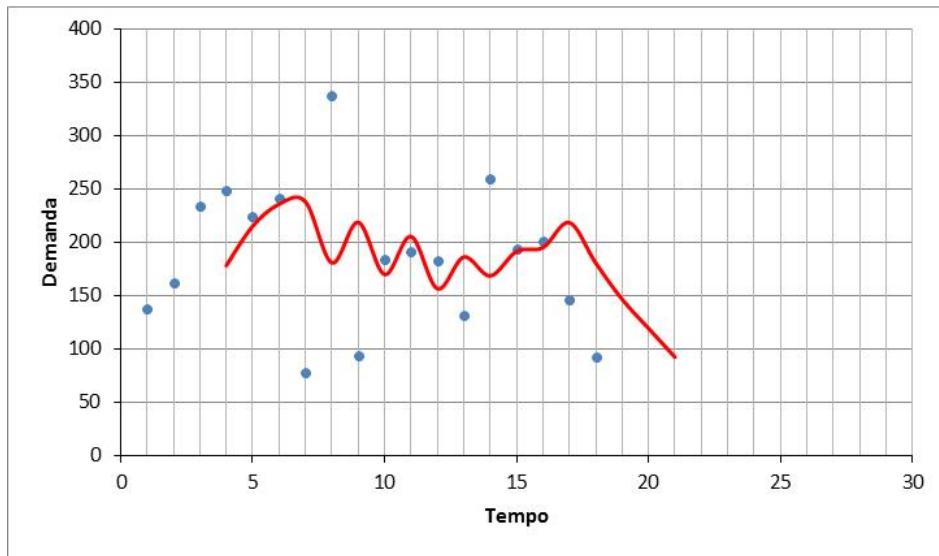
Fonte: Autores

Figura 10: Modelagem – Média Móvel Ponderada



Fonte: Autores

Figura 11: Modelagem – Média Móvel Simples (três últimos períodos)



Fonte: Autores

Após a geração dos modelos, avaliou-se a precisão preditiva para os diferentes métodos de previsão de demanda comparando-se as previsões com os dados da porção de teste (25%). Com essa parcela dos dados, calculou-se o *MAPE* de acordo com a Tabela 6. Com essa análise foi possível avaliar qual dos modelos de previsão representa melhor a demanda (aquele que apresenta menor *MAPE*) do produto da empresa em questão.

Tabela 6: Desempenho dos diferentes métodos de previsão de demanda

<b>Método de Previsão</b>	<b><i>MAPE</i></b>
Suavização Exponencial Simples	64%
Suavização Exponencial Holt	33%
Análise de Regressão Simples	45%
Média Móvel Simples (seis últimos períodos)	49%
Média Móvel Ponderada	67%
Média Móvel Simples (três últimos períodos)	37%

Fonte: Autores

Para o estudo em questão, os dados apontam que o melhor modelo é a Suavização Exponencial Holt (utilizada nos passos seguintes deste estudo). No entanto, é possível

explorar outros modelos que obtiveram *MAPE* próximos a 33%. Visto que não houveram resultados de *MAPE* semelhantes, não foi necessário avaliar  $R^2$ .

### 4.3 AJUSTE QUALITATIVO

Paralelamente ao modelo quantitativo, foram entrevistados três especialistas colaboradores da mesma empresa que forneceu os dados para realização desse estudo. A escolha dos especialistas teve como critério o tempo de empresa, escolaridade, atuação na área de PCP ou áreas de interface. Seguem credenciais dos especialistas:

- a) Especialista A: Empreendedor fundador da empresa, sempre esteve presente nas atividades da empresa (há 11 anos), formado em Administração de Empresas e Especialista em Gestão de Empresas;
- b) Especialista B: Coordenadora Geral atuando há 5 anos na empresa, formada em Administração de Empresas e Especialista em Gerencia Empresarial;
- c) Especialista C: Vendedor e programador da produção, atuando há 2,5 anos na empresa, cursando Contabilidade.

Na sequência, foi realizada a entrevista individual, onde cada especialista pontuou seu conhecimento em relação aos outros especialistas, conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Ponderação dos Especialistas entrevistados

	<i>Espec. A</i>	<i>Espec. B</i>	<i>Espec. C</i>	<i>Soma</i>	<i>%</i>	<i>Peso(w)</i>
<i>Espec. A</i>	2	3	3	8	44%	39%
<i>Espec. B</i>	1	2	1	4	22%	28%
<i>Espec. C</i>	1	3	2	6	33%	33%

Fonte: Autores

Após a escolha dos especialistas, junto com os mesmos, levantaram-se os possíveis fatores que poderiam influenciar na demanda e acordado entre todos antes da entrevista individual. Os fatores foram definidos de acordo com as seguintes interpretações, e seus valores preenchidos na Tabela 8:

- a) Oscilação de recursos para financiamento: em vista da atual economia do país, houve grandes cortes para financiamentos empresariais, o que proporcionou um grande recuo das empresas clientes;
- b) Flexibilização de mercado: dinâmica para atender o mercado consumidor e clientes;
- c) Diversidade da gama de produtos: maior quantidade de itens para ofertar aos clientes e/ou complementar as linhas de produtos;
- d) Clientes de diferentes portes: possuir uma carteira onde a demanda se distribua de forma equilibrada entre pequenas e grandes empresas;
- e) Produtos a pronta entrega: estoque para entrega imediata;
- f) Novos produtos: *know-how* para desenvolver e disponibilizar aos clientes e mercado consumidor.

Tabela 8: Fatores de influência na demanda e correspondente pontuação dos especialistas

<i>Fatores</i>	<i>Espec. A</i>		<i>Espec. B</i>		<i>Espec. C</i>	
	<i>Pessimista</i>	<i>Otimista</i>	<i>Pessimista</i>	<i>Otimista</i>	<i>Pessimista</i>	<i>Otimista</i>
Oscilação de recursos para financiamento	-80%	60%	-60%	60%	-65%	80%
Flexibilização de mercado	-10%	80%	-60%	50%	-40%	60%
Diversidade da gama de produtos	0%	80%	-50%	40%	-50%	90%
Clientes de diferentes portes	-10%	80%	-55%	30%	-80%	90%
Produtos a pronta entrega	-60%	60%	-20%	70%	-60%	95%
Novos produtos	0%	50%	-30%	65%	-50%	50%

Fonte: Autores

Para cada especialista, foi extraída a média por fator, depois de multiplicada pelo seu peso correspondente, assim obtendo os pesos para cada fator referente a cada especialista (conforme Tabela 9) e com isso os coeficientes para cada fator ( $j$ ),  $aj$ , de acordo com a Tabela 10 aplicando a Equação 23. Então, se somou os resultados obtendo como coeficiente de ajuste final  $\alpha'$ , conforme Equação 24.

Tabela 9: Médias e pesos de cada fator referente a cada Especialista

<i>Fatores</i>	<i>Espec. A</i>			<i>Espec. B</i>			<i>Espec. C</i>		
	<i>Média</i>	<i>Peso</i>	<i>w<sub>1</sub></i>	<i>Média</i>	<i>Peso</i>	<i>w<sub>2</sub></i>	<i>Média</i>	<i>Peso</i>	<i>w<sub>3</sub></i>
Oscilação de recursos para financiamento	-10%	39%	-3,889%	0%	28%	0%	8%	33%	2,500%
Flexibilização de mercado	35%		13,611%	-5%		-1,389%	10%		3,333%
Diversidade da gama de produtos	40%		15,556%	-5%		-1,389%	20%		6,667%
Clientes de diferentes portes	35%		13,611%	-13%		-3,472%	5%		1,667%
Produtos a pronta entrega	0%		0%	25%		6,944%	18%		5,833%
Novos produtos	25%		9,722%	18%		4,861%	0%		0%

Fonte: Autores

Tabela 10: Coeficiente de ajuste por fator

<i>Fatores</i>	<i>α<sub>j</sub></i>
Oscilação de recursos para financiamento	-1,389%
Flexibilização de mercado	15,556%
Diversidade da gama de produtos	20,833%
Clientes de diferentes portes	11,806%
Produtos a pronta entrega	12,778%
Novos produtos	14,583%

Fonte: Autores

$$\alpha_j = w_1 + w_2 + w_3 = -3,889\% + 0\% + 2,5\% = -1,389\% \quad (23)$$

$$\alpha' = \sum_j^6 a_j = -1,389\% + 15,556\% + 20,833\% + 11,806\% + 12,778\% + 14,583\% = 74,167\% = 0,742 \quad (24)$$

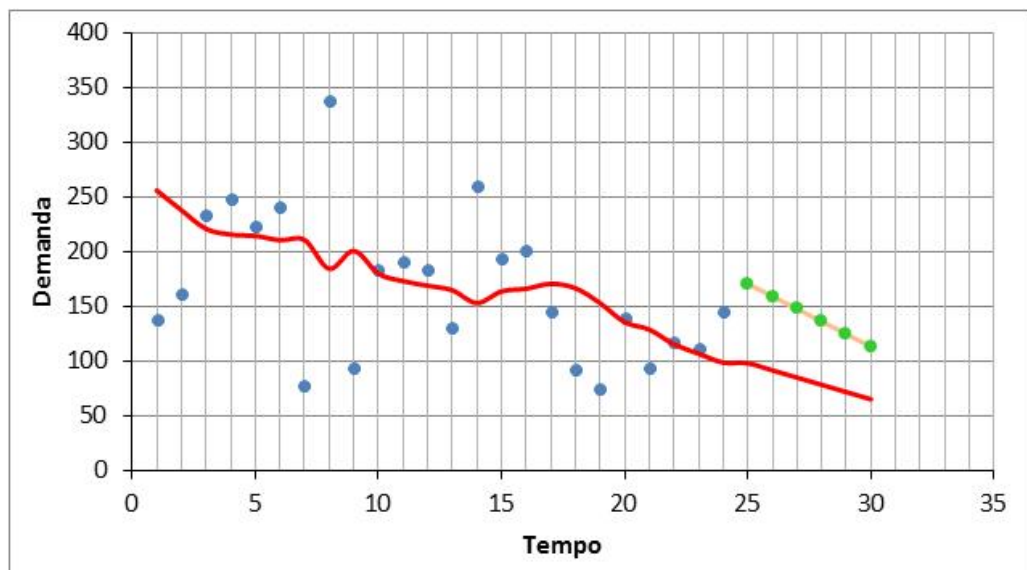
Com as informações das previsões extraídas pelo método quantitativo e o coeficiente de ajuste qualitativo, calcula-se a demanda real e o valor ajustado para 6 meses futuros. Assim, o modelo de previsão desse estudo se estabelece através do ajuste feito pela Equação 25, considerando-se os valores de  $\alpha' = 0,742$ ,  $F_{25} = 98$ ,  $F_{26} = 91$ ,  $F_{27} = 85$ ,  $F_{28} = 78$ ,  $F_{29} = 72$ ,  $F_{30} = 65$  (previsões obtidas com o método de Suavização Exponencial de Holt, modelo escolhido), onde temos respectivamente as previsões  $P_{25} = 171$ ,  $P_{26} = 159$ ,  $P_{27} = 148$ ,  $P_{28} = 136$ ,  $P_{29} = 125$ ,  $P_{30} = 113$  (previsões ajustadas através da Equação 25).



$$P_t = F_t(1 + 0,742) \quad (25)$$

Assim, o modelo de previsão desse estudo se estabelece através do ajuste feito pela Equação 25. Esses resultados são apresentados na Figura 12.

Figura 12: Comparativo entre dados Reais (pontos) vs. Quantitativo puro (linha) com o Ajuste Qualitativo (linha com pontos)

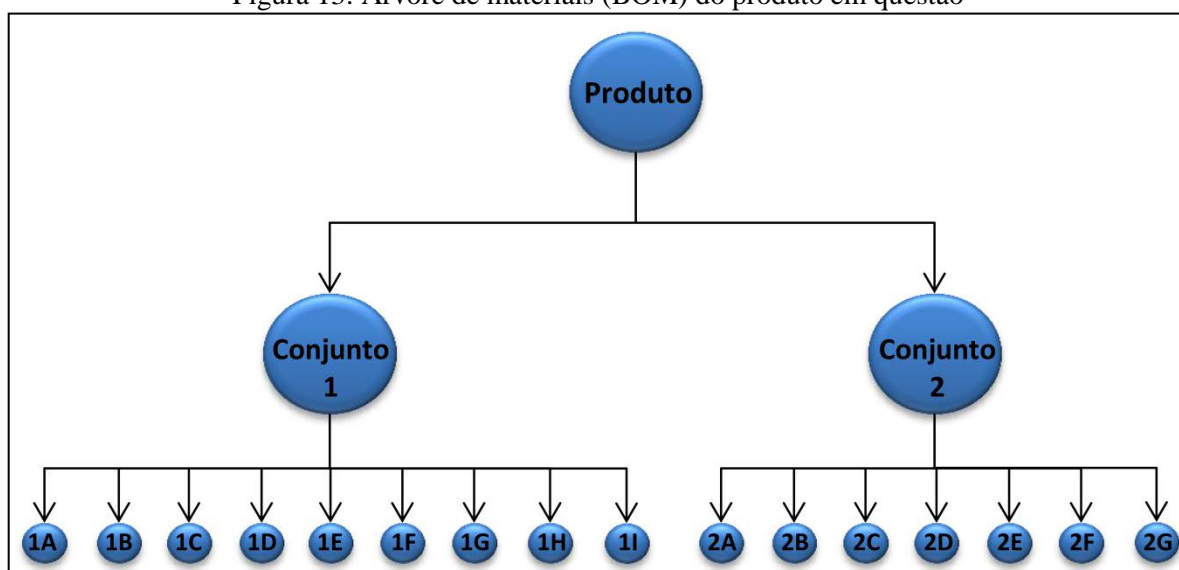


Fonte: Autores

#### 4.4 GERAÇÃO DA MATRIZ BOM

A Figura 15 traz a estrutura do produto, a qual dá origem à matriz BOM, apresentada na Tabela 7. A matriz BOM do produto em estudo é composta por dois conjuntos. Abaixo de cada conjunto estão as matérias-primas necessárias para cada qual e suas quantidades para concepção de uma unidade do produto em questão.

Figura 13: Árvore de materiais (BOM) do produto em questão



Fonte: Autores

Tabela 11: Matriz BOM do produto em questão

Estrutura de Produto			quantidade
Item Pai	<b>FECHO</b>		1
	C1	<b>Conjunto 1</b>	1
		1A Chapa metálica	1
		1B Tampa de chave	1
		1C Mola	1
		1D Miolo da fechadura	1
		1E Barra roscada	1
		1F Porca	2
		1G Pino	4
		1H Cabo	1
		1I Bucha	2
	C2	<b>Conjunto 2</b>	1
		2A Bandeja	1
		2B Bico de papagaio	1
		2C Suporte do trinco	1
		2D Parafuso	1
		2E Porca sextavada	1
		2F Mola Trinco	1
		2G Bucha da Bandeja	2

Fonte: Autores

#### 4.5 GERAÇÃO DO RELATÓRIO MRP

Com a lista de materiais que expõe as quantidades de peças e conjuntos para produzir o produto e a previsão de demanda apontada pelos modelos numéricos de Suavização Exponencial Dupla, é então preenchido o relatório MRP, conforme Figura 16. Para este estudo, foi executado o planejamento apenas para o Conjunto 1 do produto em questão. O mesmo procedimento pode ser replicado para o Conjunto 2, de acordo com seus parâmetros.

Na linha “Necessidade Bruta” foram inseridos os dados obtidos com o modelo de previsão de demanda para os seis próximos períodos. Para algumas matérias-primas, esses valores aumentaram proporcionalmente a matriz BOM, que é o caso dos itens “1F, 1G e 1I”. Considerou-se um mês de *lead time* como um período adequado, frente à realidade da empresa.

Também se solicitou que essas matérias-primas partissem com estoque mínimo para atender à primeira demanda prevista referente ao período 25. Para o Conjunto considerou-se apenas o volume necessário para atender a demanda. Para as matérias-primas, além do volume necessário considerou-se como lote múltiplo 50 unidades.

Considerou-se um mês de *lead time* como um período adequado, frente à realidade da empresa, respeitando as seguintes considerações: a empresa não possui política de estoques, não possui informações para sequenciamento e possui outros produtos que também precisarão atender a uma demanda, visto que a empresa trabalha a pronta entrega. Dessa forma o planejamento foi executado de forma ampla, considerando os períodos meses.

Na sequência, foram executadas “Liberações Planejadas” de forma a sempre atender ao “Estoque Esperado”, ou seja, os volumes definidos para aquisição foram estipulados aos menores níveis possíveis, com o intuito de não gerar altos estoques, mas, ao mesmo tempo, garantir atendimento à demanda prevista. Outro fator considerado na determinação dos tamanhos de lotes de matérias-primas necessárias foi a utilização total das mesmas até o final do espaço de tempo avaliado, também considerando a otimização dos estoques.

Ponderando que os volumes de matéria-prima foram calculados com o principal intuito de otimizar o fluxo de caixa, não foram consideradas restrições de capacidade de armazenamento.

Figura 14: Desempenho do planejamento MRP com abastecimento do Modelo de Previsão de Demanda

		<b>Períodos (meses)</b>					
		25	26	27	28	29	30
<b>Item Pai</b>		25	26	27	28	29	30
Necessidade Bruta		171	159	148	136	125	113
Entrega agendada		0	159	148	136	125	113
Estoque Esperado	171	0	0	0	0	0	0
Necessidade Líquida		171	0	0	0	0	0
Liberação Planejada		159	148	136	125	113	

<i>lead time = 1 mês (1 período)</i> <i>Estoque de Segurança = 0</i> <i>Lote a Lote</i>		<b>Períodos (meses)</b>					
<b>Conjunto 1</b>		25	26	27	28	29	30
Necessidade Bruta		159	148	136	125	113	0
Entrega agendada		0	148	136	125	113	0
Estoque Esperado	159	0	0	0	0	0	0
Necessidade Líquida		159	0	0	0	0	0
Liberação Planejada		148	136	125	113		

<i>lead time = 1 mês (1 período)</i> <i>Estoque de Segurança = 0</i> <i>Lote Múltiplo de 50</i>		<b>Períodos (meses)</b>					
<b>Item 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1H</b>		25	26	27	28	29	30
Necessidade Bruta		148	136	125	113	0	0
Entrega agendada		0	150	150	100	0	0
Estoque Esperado	150	2	16	41	28	28	28
Necessidade Líquida		146	0	0	0	0	0
Liberação Planejada		150	150	100			

<i>lead time = 1 mês (1 período)</i> <i>Estoque de Segurança = 0</i> <i>Lote Múltiplo de 50</i>		<b>Períodos (meses)</b>					
<b>Item 1F, 1I</b>		25	26	27	28	29	30
Necessidade Bruta		296	272	250	226	0	0
Entrega agendada		0	300	250	200	0	0
Estoque Esperado	300	4	32	32	6	6	6
Necessidade Líquida		292	0	0	20	0	0
Liberação Planejada		300	250	200			

<i>lead time = 1 mês (1 período)</i> <i>Estoque de Segurança = 0</i> <i>Lote Múltiplo de 50</i>		<b>Períodos (meses)</b>					
<b>Item 1G</b>		25	26	27	28	29	30
Necessidade Bruta		592	544	500	452	0	0
Entrega agendada		0	500	500	450	0	0
Estoque Esperado	650	58	14	14	12	12	12
Necessidade Líquida		534	30	0	0	0	0
Liberação Planejada		500	500	450			

Fonte: Autores

Nota-se que o preenchimento do relatório MRP, Figura 15, foi feita de forma abrangente devido à falta de algumas informações como: tamanhos de lotes (mínimo, máximo e de segurança) e definição de lead times. Com essas informações seria possível esmiuçar o relatório MRP em períodos menores.

Dessa forma, verifica-se que os estoques ainda não seguem a excelência em gestão, mesmo assim é possível atender o cliente, ou seja, não deixando ocorrer a falta de produto e, ao mesmo tempo, sem ocorrer a liberação da produção de grandes volumes de produtos

Outro ponto evidenciado é o início de um planejamento e sequenciamento, visto que a intenção em produzir produtos de acordo com as demandas estudadas também evita pedidos inesperados que desestremem a produção.

## 5 CONCLUSÃO

Organizações que focam na competitividade podem encontrar grandes aliados nos métodos de previsão de demanda, e principalmente, na associação entre eles (quantitativos e qualitativos), permitindo melhor gestão de insumos e recursos. Segundo Rossetto et al (2011), a escolha adequada do método de previsão influencia diretamente no custo do produto, uma vez que altos estoques necessitam de investimentos, bem como a falta de matéria-prima pode acarretar na não entrega do produto, que por sua vez não gerará receita e ainda poderá acarretar outros prejuízos não mensuráveis. Nesta dissertação integraram-se modelos de previsão de demanda ao MRP com o intuito de gerir o ressuprimento de itens do setor metal-mecânico em uma empresa de implementos rodoviários.

Os resultados obtidos pela aplicação da previsão de demanda, aliado ao MRP no produto em questão, evidenciaram a importância da sistemática de ligação entre esses dois métodos, visto que possibilitou uma melhor compreensão das necessidades de matéria prima, além de permitir um ponto de vista científico a respeito das ações a serem tomadas, como: as negociações para aquisições de matéria-prima, a deliberação de medidas à área comercial da organização para equilibrar as demandas de acordo com o perfil da empresa, o controle do volume de estoque alinhado ao financeiro e, outro ponto estrategicamente importante, é o planejamento em possíveis investimentos justificados pelos volumes de demandas calculados a partir da sistemática estudada.

Após a análise de demanda, foram efetuadas análises em relação às necessidades de matéria prima para cada período através dos cálculos de MRP. As necessidades foram estimadas de forma a atender a demanda, não gerar estoque e pedido mínimo de matéria-prima. A consideração desses fatores se deu com a explanação que a metodologia MRP proporciona, abastecida das previsões de demanda.

Os aspectos negativos observados foram em relação à margem de erro que a previsão de demanda pode apresentar, uma vez que se trata de um prognóstico. Em contra partida, o percentual de positividade é o embasamento para investimentos futuros, principalmente nos campos do Comercial, Instalações Industriais e com maior destaque, o setor de Compras. De acordo com Casagrande e Hoss (2010), basear-se em apenas um dos métodos, quantitativo ou qualitativo é, de certa forma, audacioso sabendo que ambos os métodos tratam de previsões. Para eles, utilizar os métodos em conjunto é uma das alternativas que apresenta melhor

resultado, por isso neste estudo, trabalhou-se com ambos os métodos de forma a estruturar o modelo mais adequado ao segmento em questão.

Os objetivos deste estudo foram atingidos com êxito, pois foram aplicados os conceitos estudados, da previsão de demanda em um produto, o qual apresentava maior representatividade no faturamento, com o propósito de aprimorar a confiabilidade do processo de investimento como um todo (matéria-prima, estoques, estrutura e etc).

Estudos futuros incluem: (i) a aplicação da sistemática de previsão de demanda em outros produtos da empresa em questão; (ii) parametrização e customização do software de gestão de materiais da empresa, de forma a agregar o modelo de previsão de demanda, automatizando, dessa forma, a sistemática estudada; (iii) fazer uso dos dados de previsão de demanda como embasamento para o planejamento estratégico; (iv) criar sistemática de fidelização comercial com os fornecedores a partir das informações de necessidades versus o período.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, R.L. **A conformação das políticas agrícolas e agrárias brasileiras ao contexto de globalização financeira.** Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/15285>>. Acessado em: 25/06/2014.

ALVES, C. C; AMARAL, C. E; CRUZ, A. C; HENNING, E; VERÍSSIMO, A. J. Métodos estatísticos de suavização exponencial Holt-Winters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico. **Revista Gestão Industrial**, v. 08, n. 04: p. 154-171, 2012.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Notícias. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>>. Acesso em: 02/10/2016.

ANFIR – Associação Nacional dos Fabricantes de Implementos Rodoviários. Comunicação. Disponível em: <<http://www.anfir.org.br/>>. Acesso em: 02/10/2016.

ARMSTRONG, J. S. Assessing Games Theory, Role Playing, and Unaided Judgment. **International Journal of Forecasting**, Volume 18, Issue 3, July 2002, pages 345-352.

ANZANELLO, M. J; FERNANDES, F. **Integração de métodos quantitativos e qualitativos para previsão de demanda no setor de autopeças.** Trabalho de Conclusão submetido ao Curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/32218>>. Acessado em: 26/08/2014.

ANZANELLO, M. J; MENEGHINI, M. **Ajuste de previsão de demanda quantitativa com base em fatores qualitativos: estudo de caso em um restaurante *fast food*.** Trabalho de Conclusão submetido ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/97384>>. Acessado em: 21/12/2016.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial** [recurso eletrônico] / Ronald H. Ballou; tradução Raul Rubenich. – 5. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2007.

BATALHA, M. O; STHALBERG, P. **A gestão da produção em firmas agroindustriais.** Produção, v. 4, n. 1, São Paulo, 1994. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65131994000300006&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65131994000300006&lang=pt)>. Acessado em: 21/08/2014.

BERNARDO, Y. N. S; JUNIOR, J. A. M; SANTOS, G. Q. V. **Previsão de demanda: revisão bibliográfica e análise acadêmica atual.** XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, outubro de 2015.



BITTENCOURTH, J. R; GIRAFFA, L. M. **Modelando Ambientes de Aprendizagem Virtuais utilizando Role-Playing Games.** XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - NCE - IM/UFRJ 2003

BRITTO, A. S. S. **Implementação de um processo de gestão da demanda em uma empresa do setor metal-mecânico.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2005.

CALÔBA, G. M; CALÔBA, L. P; SALIBY, E. **Cooperação entre redes neurais artificiais e técnicas 'clássicas' para previsão de demanda de uma série de vendas de cerveja na Austrália.** Pesquisa Operacional, v.22, n.3, p.345-358, julho a dezembro de 2002.

CARVALHO, M. F; FERNANDES, C. A. O; SILVA FILHO, O. S. O Planejamento da Manufatura – Práticas Industriais e Métodos de Otimização. **Gestão & Produção**, v. 5, n. 1, p. 34-59, abril 1998.

CARVALHO, M.F.H; HADDAD, R.B.B; ROCHA, R.B. **Integração entre ERP e programação matemática um estudo de caso na indústria de autopeças.** www.producaoonline.inf.br, ISSN 1676 – 1901, Vol. 4, Num. 1, Fevereiro de 2004.

CASAGRANDE, L. F; HOSS, O. Métodos de *Forecasting* Conjugado com um Método Qualitativo e um Método com a Média das Previsões Quantitativas e Qualitativas. **Revista CAP** - Número 04 - Ano 4 - Volume 4 – 2010.

CASSEL, G. L; VACCARO, G. L. R. **A aplicação de simulação otimização para definição do mix ótimo de produção de uma indústria metal-mecânica.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP 2007, outubro 2007.

CASTRO, R. L; MESQUITA, M. A. Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 33-42, jan-abr. 2008.

CHANG, P. C; CHUANG, K. T; YUAN, B. J. C; WANG, C. P. Forecast of development trends in Taiwan's machinery industry. **Technological Forecasting and Social Change.** volume 69, issue 8, pages 781-802, November 2002.

DIAS, A. S. **Uso de conhecimento teórico e de especialista para previsão de demanda.** Trabalho de Conclusão submetido ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. São Carlos, 2004.

DONATO, F. A. S; FIGUEIREDO, J. N; MAYERLE, S. F. **Um modelo de planejamento agregado da produção para otimizar o mix de produtos e clientes em uma indústria metal-mecânica.** Anais do SIMPOI 2008.

FERNANDES, F. C. F; GODINHO FILHO, M. Redução da instabilidade e melhoria de desempenho do sistema MRP. **Produção**, v. 16, n. 1, p. 064-079, Jan./Abr. 2006.

FOGLIATTO, F.S; PELLEGRINI, F.R. Passos para a Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda – Técnicas e Estudo de Caso. **Revista Produção**. V.11, N.1, Novembro de 2001.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

GRAEML, A. R; PEINADO, J. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007. 750 p.

KAUPPI, E; LASSILA, J; TERÄSVIRTA, T. Short-term forecasting of industrial production with business survey data: experience from Finland's great depression 1990–1993. **International Journal of Forecasting**. V.12, issue 3, pages 373-381, September 1996.

KRAJEWSKI, L.J; RITMAN, L.P; MALHOTRA, M.K. **Administração de produtos e operações**. São Paulo: Pearson, 8 ed., 2009.

KURBEL, K. E. **Enterprise Resource Planning and Supply Chain Management**, Progress in IS, DOI 10.1007/978-3-642-31573-2\_2, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. Disponível em: <<http://www.springer.com/978-3-642-31572-5>>. Acessado em: 02/09/2014.

LAURINDO, F. J. B; MESQUITA, M. A. Material Requirements Planning: 25 anos de história – uma revisão do passado e prospecção do futuro. **Gestão & Produção**, v. 7, n. 3, p. 320-337, dezembro 2000.

LEMOS, F.O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, com 183 p. Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5949>>. Acessado em: 25/06/2014.

MARTINS, R. A; SACOMANO, J. B. Integração, flexibilidade e qualidade: os caminhos para um novo paradigma produtivo. **Gestão & Produção**, v. 1, n. 2, p. 153-170, agosto 1994.

NARDINI, J.J; PIRES, S. R. I. **Tecnologias e sistemas de gestão da produção e da qualidade: Um estudo na indústria metal-mecânica**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba – PR, outubro de 2002.

OTT, E; SIQUEIRA, J; VIEIRA, E. P. **O sistema de custos como instrumento de apoio ao processo decisório: um estudo em indústrias do setor metal-mecânico da região noroeste do estado do RS**. IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil - 28 a 30 de novembro de 2005.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda.** Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, com 146 p. Porto Alegre, setembro de 2000.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação.** 4. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.

ROSSETTO, M; DEIMLING, M. F; ZANIN, A. RODRIGUES, M. P; NETO, A. R. **Técnicas Qualitativas de Precisão de Demanda: um Estudo Multicasos com Empresas do Ramo de Alimentos.** VIII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, outubro de 2011.

WERNER, L. **Um modelo composto para realizar previsões de demanda através da integração da combinação de previsões e do ajuste baseado na opinião.** Porto Alegre, 2004. Tese submetida ao Programa de Doutorado em Engenharia de Produção – PPGEP na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, com 166 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4189>>. Acessado em: 25/06/2014.

WERNER, L; RIBEIRO, J. L. D. Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões. UFRGS. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 493-509, Set./Dez. 2006.