

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**

ERICA CAROLINE MARTINHO ORTIZ

**APLICAÇÕES DE MODELOS PARA GESTÃO DE MATERIAIS E ESTOQUE EM
UMA EMPRESA DE REMANUFATURA**

**Sorocaba
2015**

ERICA CAROLINE MARTINHO ORTIZ

**APLICAÇÕES DE MODELOS PARA GESTÃO DE MATERIAIS E ESTOQUE EM
UMA EMPRESA DE REMANUFATURA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Veiga Mendes

Sorocaba

2015

Caroline Martinho Ortiz, Erica

Aplicações de modelos para gestão de materiais e estoque em uma empresa de remanufatura / Erica Caroline Martinho Ortiz. – 2015.
118 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Juliana Veiga Mendes

Banca examinadora: Miguel Cezar Santoro; Marcelo Seido Nagano

Bibliografia

1. Gestão de Estoque. 2. Remanufatura. 3. Planejamento de compras. I. Orientador. II. Sorocaba-Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (Sin).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Erica Caroline Martinho Ortiz, realizada em 09/12/2015:

Prof. Dra. Juliana Veiga Mendes
UFSCar

Prof. Dr. Miguel Cezar Santoro
USP

Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano
USP

DEDICATÓRIA

Às minhas amadas filhas Lorena e Lara Cristal.

Minhas maiores motivações de vida.

AGRADECIMENTOS

Muitos colaboraram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse possível. Agradeço humildemente a todas as experiências e conhecimentos adquiridos nesse período.

Agradeço ao meu marido, Paulo, por toda a motivação nessa empreitada e pela sempre compressão pelas minhas muitas ausências, noites em claro e pelo suporte em todos os momentos. Sem você, isso definitivamente não seria possível.

A minha família, especialmente a minha mãe Eliane, pelas broncas, palavras de motivação e por sempre me lembrar de onde venho e o que eu sou, nesse e em todos os propósitos da minha vida.

A minha querida orientadora, Profa. Juliana Veiga Mendes, pela confiança, dedicação, e por disponibilizar seu tempo em orientações, suportes e por tantas outras coisas que somente agregaram conhecimento para minha vida.

Ao corpo docente, secretaria, colegas e amigos da Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba. Meu maior respeito por essa instituição e por todos os presentes nela.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

E a tantos outros mais que passaram pelo meu caminho nesse período e fizeram com que dia-a-dia, eu me tornasse um pouco melhor como pessoa e profissional.

RESUMO

A remanufatura pode ser definida como o processo industrial onde produtos desgastados, quebrados ou usados, são restaurados obtendo uma nova vida útil. Na atualidade, muitas empresas remanufaturam produtos, impulsionadas pelas vantagens econômicas ou ambientais, ou por força da legislação. Realizar a gestão de materiais e estoque neste ambiente com características peculiares, de forma eficiente, é necessário para se conter desperdícios com excesso de estoque ou falta de materiais para a produção. Além disso, o setor de compras ocupa uma posição importante na maioria das organizações, pois peças, componentes e suprimentos comprados podem representar de 40 a 60% do valor final das vendas de qualquer produto. Com isso, o objetivo desse trabalho é a proposição e a aplicação de modelos de gestão de estoque e materiais em uma empresa de remanufatura de extintores de incêndio e analisar a eficiência destes através dos gastos acumulados durante um trimestre. Com base nas análises preliminares das séries históricas do consumo dos materiais selecionados, foram sugeridas três proposições. Os resultados encontrados apontam que quando analisamos a implementação das proposições nos materiais de forma individual, houve reduções nos custos e melhor regularidade na compra de alguns, e em outros, as proposições não trouxeram benefícios. Com os resultados, sugere-se que a aplicação das proposições, mesmo que parcialmente para alguns materiais, pode contribuir para aumentar a competitividade da empresa com a disponibilidade de capital que antes estava alocado com a compra desses.

PALAVRAS-CHAVES: Gestão de Estoque, Planejamento de Compras, Remanufatura, Extintores de Incêndio.

ABSTRACT

Remanufacture can be defined as the industrial process where products worn, broken or used are restored getting a new life. Currently, many companies remanufactured products, driven by economic or environmental benefits, or by the force of law. Performing materials management and inventory in this environment with peculiar characteristics efficiently, it is necessary to contain waste with excess inventory or lack of material for production. In addition, the purchasing department holds an important position in most organizations, as parts, components and supplies can represent 40-60% of the final value of sales of any product. Thus, the objective of this work is the proposition and implementation of inventory management models in a remanufacturing company of fire extinguishers and analyze the efficiency of these through the expenses accumulated during one quarter. Based on preliminary analysis of the historical consumption series of selected materials, three propositions were suggested. The results show that when we analyzed the implementation of the proposals in material individually, there were cost reductions and better regularity in buying some, and in others, the proposals have not brought benefits. With the results, it is suggested that the application of the propositions, even partially for some materials, can help to increase the company's competitiveness with the availability of capital that was previously allocated to the purchase of these.

KEYWORDS: Inventory Management, Purchase Planning, Remanufacturing, Fire Extinguishers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Tipos de abordagens e modelos de previsão de demanda.....	23
Figura 2- Representação esquemática da metodologia de Box-Jenkins.....	36
Figura 3- Modelos de extintores remanufaturados pela empresa agrupado por conteúdo.....	47
Figura 4- Lista de materiais para extintores remanufaturados.....	48
Figura 5- Componentes gerais internos e externos de um extintor de incêndio.....	48
Figura 6- Composição de custos médios da remanufatura de extintores na empresa.....	49
Figura 7- Análise de participação da demanda média anual dos extintores remanufaturados separados por seus conteúdos.....	50
Figura 8- Processo produtivo de remanufatura de extintores da empresa estudada.....	51
Figura 9- Sistema de revisão contínua utilizado pela empresa para compra de materiais (conteúdos).....	52
Figura 10- Etapas para proposição e aplicação de métodos de gestão de estoque e compra de materiais na empresa selecionada.....	56
Figura 11- Dados históricos de consumo do material CO2 em kg da empresa estudada.....	62
Figura 12- Dados históricos de consumo do material água em litros da empresa estudada.....	63
Figura 13- Dados históricos de consumo do material pó químico BC em kg da empresa estudada.....	64
Figura 14- Dados históricos de consumo do material espuma mecânica em l da empresa estudada.....	66
Figura 15- Dados históricos de consumo do material pó químico ABC em kg da empresa estudada.....	67
Figura 16- Proposição metodológica para a implementação do modelo PREVCONS.....	69
Figura 17- Proposição metodológica para a implementação do modelo PREDPREV.....	70
Figura 18- Proposição metodológica para a implementação do modelo CONT_REV.....	71
Figura 19- Dados históricos do consumo do material CO2 (em kg) e o modelo selecionado..	74
Figura 20- Dados históricos do consumo do material água (em l) e o modelo selecionado.....	75
Figura 21- Dados históricos do consumo do material pó químico BC (em kg) e o modelo selecionado.....	76

Figura 22- Dados históricos do consumo do material espuma mecânica (em l) e o modelo selecionado.....	77
Figura 23- Dados históricos do consumo do material pó químico ABC (em kg) e o modelo selecionado.....	78
Figura 24- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material CO2 sugerido pelos modelos propostos.....	84
Figura 25- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material água sugerido pelos modelos propostos.....	87
Figura 26- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material pó químico BC sugerido pelos modelos propostos.....	89
Figura 27- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material pó químico ABC sugerido pelos modelos propostos.....	93
Figura 28- Gráfico com a concentração de empresas de recarga de extintores no Brasil.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo dos parâmetros de compra e estoque dos materiais (conteúdos) do método atual.....	55
Tabela 2- Dados espúrios detectados.....	60
Tabela 3- Análise descritiva anual do material CO2 (kg).....	62
Tabela 4- Análise descritiva anual do material água (l).....	63
Tabela 5- Análise descritiva anual do material Pó Químico BC (kg).....	64
Tabela 6- Análise descritiva anual do material Espuma Mecânica (l).....	65
Tabela 7- Análise descritiva anual do material Pó Químico ABC.....	67
Tabela 8- Modelo selecionado para previsão de consumo do material CO2.....	73
Tabela 9- Modelo selecionado para previsão de consumo do material água.....	74
Tabela 10- Modelo selecionado para previsão de consumo do material pó químico BC.....	75
Tabela 11- Modelo selecionado para previsão de consumo do material espuma mecânica.....	76
Tabela 12- Modelo selecionado para previsão de consumo do material pó químico ABC.....	77
Tabela 13- Comparação entre os valores previstos de consumo dos materiais pelos modelos matemáticos e a predição pelo especialista.....	79
Tabela 14- Total previsto para pedido de compra com a revisão dos parâmetros através do modelo CONT_REV.....	80
Tabela 15- Total previsto para consumo do material através dos modelos selecionados e o consumo real para janeiro de 2015.....	80
Tabela 16- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.....	83
Tabela 17- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.....	83
Tabela 18- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.....	83
Tabela 19- Análise de gastos mensais com a compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos.....	84

Tabela 20- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.....	85
Tabela 21- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.....	85
Tabela 22- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.....	86
Tabela 23- Análise de gastos mensais com a compra do material água sugerida através dos modelos propostos.....	86
Tabela 24- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.....	88
Tabela 25- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.....	88
Tabela 26- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.....	88
Tabela 27- Análise de gastos mensais com a compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos.....	89
Tabela 28- Compra do material espuma mecânica sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.....	90
Tabela 29- Compra do material espuma mecânica sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.....	90
Tabela 30- Compra do material espuma mecânica proposta através dos modelos selecionados para o período de março de 2015.....	91
Tabela 31- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.....	91
Tabela 32- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.....	92
Tabela 33- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.....	92
Tabela 34- Análise de gastos mensais com a compra do material pó químico ABC proposta através dos modelos selecionados.....	92

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AR	Modelos Auto-regressivos
ARIMA	Modelos Auto-regressivos integrado de Médias Móveis
ARMA	Modelos Auto-regressivos de Médias Móveis
BIC	<i>Bayesian Information Criterion</i>
CO2	Gás Carbônico ou Dióxido de Carbono
CONT_REV	Modelo de Revisão Contínua
DP	Demanda Prevista
ES	Estoque de Segurança
FAC	Função de Autocorrelação
FACP	Função de Autocorrelação Parcial
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LCM	Lote de Compra Mínimo
MA	Modelos de Médias Móveis
MAE	Erro Absoluto Médio
MAPE	Erro Absoluto Médio Percentual
NBR	Norma Brasileira
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PREDPREV	Modelo de Predição/Previsão do Consumo
PREVCONS	Modelo de Previsão do Consumo
QP	Quantidade do Pedido
SARIMA	Modelos Auto-regressivos integrado de Médias Móveis Sazonais
SE	Suavização Exponencial
SEH	Suavização Exponencial Dupla ou de Holt
SEHW	Suavização Exponencial Tripla ou Modelo de Holt-Winters
SEHWA	Modelo de Holt-Winters para Efeitos Sazonais Aditivos
SEHWM	Modelo de Holt-Winters para Efeitos Sazonais Multiplicativos
SES	Suavização Exponencial Simples
RMSE	Raíz do Erro Médio Quadrático

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Objetivo do trabalho	12
1.2	Justificativa.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO – REMANUFATURA/ PREVISÃO DE DEMANDA	15
2.1	Remanufatura.....	15
2.2	Previsão de retorno de matéria-prima para cadeia reversa	18
2.3	Previsão de demanda	20
2.4	Modelos matemáticos quantitativos temporais para previsão de demanda.....	23
2.4.1	Modelos de suavização exponencial (SE).....	24
2.4.2	Introdução aos modelos auto-regressivos integrados de médias móveis (ARIMA)	29
2.5	Medidas estatísticas de desempenho nas previsões de demanda.....	36
3	REFERENCIAL TEÓRICO – GESTÃO DE COMPRAS E ESTOQUES.....	38
3.1	Gestão de compras.....	38
3.2	Gestão de estoques	39
3.3	Sistemas ou políticas de gestão de estoque	40
3.3.1	Sistema de revisão contínua ou Modelo (S,s)	41
3.3.2	Sistema de revisão periódica	42
3.4	Estoque mínimo ou estoque de segurança.....	42
3.5	Nível de serviço	43
4	MÉTODO DE TRABALHO	44
5	ESTUDO DE CASO	45
5.1	A empresa selecionada	45
5.2	Tipos e modelos de produtos remanufaturados pela empresa	46
5.3	Processo de remanufatura de extintores na empresa	49

5.4 Método atual de compras e gestão de estoque nos materiais (conteúdos).....	52
6 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	56
6.1 Coleta e criação de banco de dados	58
6.2 Análises de Dados Espúrios	58
6.3 Análises preliminares do consumo histórico dos materiais.....	61
6.4 Modelos de Gestão de Estoque e Compra de Materiais	68
6.5 Aplicação da proposição 1 (modelo PREVCONS).....	72
6.5.1 Seleção dos modelos matemáticos para previsão de demanda.....	73
6.6 Aplicação da proposição 2 (modelo PREDPREV)	78
6.7 Aplicação da proposição 3 (modelo CONT_REV).....	79
6.8 Análises do consumo e previsão dos modelos de gestão de estoque e compras sugeridos	80
7 ANÁLISE DE DADOS	82
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	94
9 CONCLUSÕES.....	97
REFERÊNCIAS	99
ANEXO A	104
ANEXO B	107
ANEXO C.....	107
APÊNDICE A	110
APÊNDICE B.....	115

1 INTRODUÇÃO

Atualmente há um grande aumento no interesse da sociedade na recuperação e retorno de bens descartados com o objetivo de reduzir os impactos causados pela disposição inadequada dos produtos (SAAVEDRA *et al.*, 2013; SEITZ, 2007). Dentre algumas estratégias de final de vida e retorno dos produtos encontram-se a reciclagem, reuso, recondição, canibalismo, reparação e remanufatura (SAAVEDRA *et al.*, 2013).

A remanufatura pode ser definida como o processo industrial onde produtos desgastados, quebrados ou usados, são restaurados obtendo uma nova vida útil (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008). Esse processo tem como objetivo conservar a identidade original do produto através da recuperação de seu valor agregado (IJOMAH *et al.*, 2007; OH; HWANG, 2006). A importância da remanufatura na transformação de produtos usados em novos tem sido amplamente reconhecida na literatura e na prática.

Porém, o planejamento de produção e as atividades de controle nesse ambiente podem ser bem diferentes das atividades de gestão de indústrias tradicionais (GUIDE JR. 2000). Isso acontece porque o sistema de remanufatura é mais complexo que um sistema de manufatura convencional, porque envolve diversas limitações (CLOTTEY; BENTON JR; SRIVASTAVA, 2012). Dentre as limitações, algumas podem estar relacionadas a aspectos externos à produção, como a quantidade e qualidade dos produtos ou matéria-prima recolhidos (GUIDE JR, 2000; OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008; UMEDA; KONDOH; TAKASHI, 2005). Outras limitações ainda envolvem a aceitação do mercado por produtos remanufaturados, falta de legislação específica e competitividade do mercado (SAAVEDRA *et al.*, 2013).

O objetivo principal de toda empresa é sem dúvida, maximizar o lucro sobre o capital investido, e isso também ocorre nas empresas do setor de remanufatura. Essa maximização pode ocorrer nas fábricas, equipamentos, financiamentos de vendas, reserva de caixa ou em estoques (DIAS, 2009). Quando nos referimos a estoques, podemos controlá-los e com isso decidir com base em informações o que, quando e quanto estocar materiais e produtos (WANKE, 2012; FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

A gestão dos estoques pode abranger um conjunto de decisões com o intuito de coordenar, nas dimensões tempo e espaço, a demanda existente com a oferta de produtos e materiais, de modo que sejam atendidos os objetivos de custo e de nível de serviços

especificados, observando as características do produto, da operação e da demanda (WANKE, 2012).

Naturalmente, estoques representam capital imobilizado, o qual pode ser bastante significativo dependendo do ramo de atuação da empresa (ROSA; MAYERLE; GONÇALVES, 2010). Segundo Dias (2009) para manter-se em um perfil competitivo no mercado e gerar lucros toda empresa deve perseguir e alcançar a redução de custos, principalmente em materiais e estoques utilizados, já que representam uma parcela muito considerável na estrutura do custo total. Essa representatividade nos custos vem fazendo com que haja uma crescente preocupação das empresas com modelos de gestão de estoque e materiais mais eficientes.

Atualmente, os modelos de gestão de estoque e materiais vêm encontrando um grande aumento de demandas irregulares e um elevado custo de oportunidade de capital (WANKE, 2012). Na remanufatura, é comum encontrar demandas irregulares, principalmente porque para compor a sua demanda, esta dependerá do retorno de matérias-primas dos produtos.

O retorno de matéria-prima ocorre por produtos que foram vendidos ao consumidor e são retornados quando a vida útil é encerrada, ou quando o consumidor quer trocar o produto, seja por um melhor ou por outra unidade (CLOTTEY; BENTON JR; SRIVASTAVA, 2012). Essa irregularidade na demanda, devido à alta incerteza neste ambiente, afeta as formas de gerir o estoque, pois prever a quantidade e o período de retorno da matéria-prima na remanufatura pode se tornar uma questão complexa (STINDT; SAHAMIE, 2014).

Há diversos métodos de gestão de estoques e esses podem se utilizar de modelos matemáticos como auxílio a sua aplicação. Dentre alguns modelos, encontram-se o sistema de revisão contínua, o sistema de revisão periódica e os apoiados em modelos matemáticos para previsão de demanda.

1.1 Objetivo do trabalho

Com foco na redução de custos, para assim, aumentar a lucratividade do setor de remanufatura, e auxiliar nas tomadas de decisões das empresas do segmento, o principal objetivo desse trabalho é a proposição e a aplicação de modelos de gestão de estoque e materiais em uma empresa de remanufatura e analisar a eficiência destes através dos gastos acumulados com a compra de cada material.

Para isso, o estudo se utilizará de uma pesquisa aplicada em um estudo de caso, que analisará o planejamento de compras e gestão de estoques de uma empresa de remanufatura de extintores de incêndio. A empresa de remanufatura de extintores de incêndio, para fins de simplificação e confiabilidade, será identificada neste trabalho como empresa selecionada, empresa estudada ou simplesmente a empresa.

1.2 Justificativa

Acredita-se que o presente trabalho poderá ter relevância significativa para empresas de remanufatura, porque há no país uma crescente demanda nesse setor com características peculiares e distintas, particularmente ampliado pela lei 12305, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que entrou em vigor em agosto de 2014. A PNRS é baseada no conceito de responsabilidade compartilhada do produto (ARAÚJO et al., 2012), atribuindo a responsabilidade pelo recolhimento dos produtos e dos seus resíduos ao fabricante, após o seu respectivo uso. Além disso, esses devem providenciar uma destinação final ambientalmente adequada a esses produtos e resíduos, que devem ser estruturadas e implementadas através de sistemas de logística reversa, como a reciclagem, reuso e a remanufatura (BRASIL, 2010).

Outro fator importante, é que com os preços das vendas altamente competitivos, os resultados da empresa deverão vir do aumento da produtividade, da melhor gestão de material, e de compras mais econômicas (DIAS, 2009). O setor de compras ocupa uma posição importante na maioria das organizações, pois peças, componentes e suprimentos comprados representam, em geral, de 40 a 60% do valor final das vendas de qualquer produto. Isso significa que reduções de custos relativamente baixas conquistadas no processo de aquisição de materiais, podem ter impacto bem maior sobre os lucros do que aperfeiçoamentos semelhantes em outras áreas de custos da organização (BALLOU, 2006).

Além disso, a necessidade de comprar cada vez melhor é enfatizada por todos os empresários juntamente com a necessidade de estocar em níveis adequados e de racionalizar o processo produtivo (DIAS, 2009).

Sendo assim, essa pesquisa aplicada poderá auxiliar empresas de remanufatura nas tomadas de decisões, reduções de custos com gestão de materiais e estoque, e com isso melhorar sua competitividade no mercado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO – REMANUFATURA/ PREVISÃO DE DEMANDA

A seguir, apresentaremos tópicos relacionados à remanufatura e como é realizada a previsão de retorno de materiais neste ambiente. Após, considerando que dentre alguns métodos de gestão de estoques a serem utilizados nessa pesquisa, alguns utilizam-se como uma de suas entradas, modelos matemáticos para previsão de demanda, apresentaremos tópicos relacionados à previsão de demanda e sobre alguns modelos matemáticos utilizados para esse fim. Os métodos de gestão de estoques serão descritos e detalhados no capítulo 3.

2.1 Remanufatura

A remanufatura é uma das diversas estratégias de final de vida e retorno dos produtos pertencentes à logística reversa. Logística reversa pode ser definida como o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de produtos e informações relacionadas, a partir do ponto de consumo até a disposição final (*Council of Supply Chain Management Professionals*, 2008).

Juntamente com a remanufatura, as outras estratégias de final de vida e retorno dos produtos da logística reversa mais utilizadas são: reuso, canibalismo, reparação, reciclagem e a remanufatura (SAAVEDRA et al., 2013). O quadro 1 apresenta as principais características das estratégias de final de vida e retorno dos produtos, mais utilizadas da logística reversa.

Quadro 1- Principais características das estratégias de final de vida dos produtos através da logística reversa

Estratégia	Principais Características
Reuso	Os produtos são reutilizados após seu primeiro ciclo de vida, sem qualquer tipo de reparo ou restauração. Problemas adquiridos durante o primeiro uso do produto podem ser mantidos.
Canibalismo	Recuperação das partes utilizadas nos produtos. A qualidade dessas partes dependerá das estratégias de final de vida a serem utilizadas.
Reparação	Para manter a funcionalidade do produto, substituem-se somente seus componentes danificados. A garantia é somente para os componentes substituídos.
Reciclagem	Reutiliza os materiais dos produtos usados. Neste caso, a energia incorporada, a identidade e funcionalidade são perdidos, bem como a geometria original do produto.
Remanufatura	Recupera a peça e/ou produto. Eles possuem a mesma qualidade e garantia de um produto novo.

Fonte: Adaptado de SAAVEDRA et al. (2013).

Estratégias de final de vida da logística reversa, segundo Ravi e Shankar (2005), têm se tornado mais popular devido a interesses de concorrência e marketing, a fatores econômicos e ambientais e por imposição legal.

No Brasil, a importância da logística reversa no cenário brasileiro tende a aumentar, devido à implementação de legislação específica, através da lei 12305/2010 conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que entrou em vigor em agosto de 2014.

A PNRS determina diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos para minimizar a quantidade dos mesmos, através da destinação e tratamento adequados. Essa lei destaca a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo, além dos geradores e do poder público, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010), ou seja, a sociedade como um todo.

A PNRS torna obrigatório que fabricantes e distribuidores, providenciem através de estratégias de final de vida da logística reversa, o retorno dos itens em final de ciclo de vida. Esse ponto é válido para os seguintes produtos: pilhas, baterias, pneus, óleos lubrificantes, agrotóxicos, lâmpadas de vapor de sódio, mercúrio, luz mista, fluorescentes e produtos eletroeletrônicos (BRASIL, 2010).

Nos países europeus, as expansões dos processos de remanufatura ocorreram principalmente devido às pressões de legislações ambientais como a Diretiva 2002/96/EC referente ao Descarte de Equipamentos Elétricos Eletrônicos e a Diretiva 2000/53/EC referente aos Veículos em Fim de Vida (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008).

Espera-se que, semelhantemente aos países europeus, a implementação da PNRS, expanda o mercado de remanufatura no Brasil.

Historicamente, o primeiro grande impulso do processo de remanufatura originou-se com a Segunda Guerra Mundial, pois com um vasto número de indústrias dedicando-se ao setor bélico, houve escassez na produção de bens de consumo. Com isso, a fim de atender às necessidades cotidianas, muitos produtos passaram a ser remanufaturados (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008; OH; HWANG, 2006). Na área acadêmica, o interesse originou-se com o artigo denominado “*Remanufacturing: The experience of United States and Implications for Developing Countries*” produzido por Robert Lund em 1984 (SAAVEDRA et al., 2013).

A remanufatura pode apresentar diversas vantagens econômicas e ambientais quando comparadas a manufatura de novos produtos (BRAS; MCINTOSH, 1999; CHEN et al. 2014; IJOMAH et al., 2007). Dentre as vantagens econômicas, a remanufatura pode apresentar um processo rentável, com redução nos custos com a fabricação ou compra da matéria-prima (TOFFEL, 2004). Em relação às vantagens ambientais, podem ocorrer reduções do uso da matéria-prima e energia, ou ao menos, a remanufatura garante que somente uma fração dos produtos necessite ser reciclada (SEITZ, 2007).

No Brasil, a indústria de remanufatura apresenta diversos tipos de segmentos: os que ainda não alcançaram visibilidade, os que apresentam um processo visível de expansão, como é o caso do mercado de peças automotivas, e outros já consolidados no mercado, como é o caso de impressoras, cartuchos e equipamentos médicos (SAAVEDRA et al., 2013).

Em relação à gestão do sistema de produção, a remanufatura apresenta características diferentes em relação à manufatura convencional (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008). Geralmente, a remanufatura trabalha com lotes menores, pouca automação e a quantidade de trabalho manual é maior em relação à manufatura convencional.

Além dessas características, uma limitação para a gestão do sistema de produção em remanufatura é com a quantidade e qualidade do retorno dos produtos ou matéria-prima recolhidos (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008; TOFFEL, 2004).

O período e a qualidade de retorno de um produto em final de vida podem estar associada a diversos fatores como tipo e tempo médio de vida do produto, taxa de inovação técnica e falha de componentes (OSTLIN; SUNDIN; BJORKMAN, 2008). A dificuldade de monitoramento desses e outros diversos fatores pode tornar trabalhosa a realização da previsão do retorno dos produtos em final de vida.

Mesmo com essa complexidade, para Ostlin, Sundin e Bjorkman (2008) as empresas de remanufatura devem se concentrar no desenvolvimento de modelos de previsão para retorno de matéria-prima. Isso ocorre, porque a previsão acurada das devoluções dos produtos usados pode ajudar a gerir de forma eficaz, diversas atividades neste ambiente (CLOTTEY; BENTON JR; SRIVASTAVA, 2014), como a quantidade de compra de materiais, a alocação da mão de obra, aquisição de novas unidades fabris, entre outros.

2.2 Previsão de retorno de matéria-prima para cadeia reversa

A previsão de retorno de matéria-prima, em ambientes de cadeia reversa, tem o mesmo impacto que a previsão de demanda na manufatura convencional. Isso significa que a previsão de retorno possui grande influência em atividades como aquisição de novas unidades fabris, cálculo da capacidade da mão de obra e gerenciamento estratégico. Do ponto de vista operacional, previsões acuradas em cada período, são úteis para o planejamento da produção e gerenciamento do estoque (CLOTTEY; BENTON JR; SRIVASTAVA, 2012).

Se o ambiente de cadeia reversa estiver operando em uma escala industrial, em relação ao retorno da matéria-prima, pode-se considerar a existência de um comportamento típico desse retorno, e que isso pode ser considerado para realizar a sua previsão. Sendo assim, para os próximos períodos, o planejamento e as demais atividades relacionadas podem ser baseados nos dados fornecidos por essa previsão, analogamente como no programa de manufatura (MARX-GOMES et al., 2002).

Um robusto e preciso modelo de previsão tem grande importância no ambiente de retorno de itens, visto que com isso, podem-se reduzir diversos custos (CLOTTEY; BENTON JR; SRIVASTAVA, 2012; MARX-GOMES et al., 2002). Porém, a realização de um bom modelo de previsão em remanufatura pode ser complicado (STINDT; SAHAMIE, 2014).

A complexibilidade dos modelos de previsão de retorno de matéria-prima ocorre pelas características dos ambientes de cadeia reversa, como as grandes incertezas relativas aos

prazos e qualidade dos retornos, e essas características podem influenciar na precisão do modelo (MARX-GOMES et al., 2002).

Com o objetivo de minimizar as incertezas nos modelos de previsão de retorno de matéria-prima, e assim aumentar a sua precisão, a maioria dos modelos propostos relacionam características específicas dos produtos. Alguns exemplos são Kelle e Silver (1989), Toktay, Wein e Zenios (2000), Marx-Gomes et al. (2002), Clottey, Benton Jr., Srivastava (2012) e Krapp, Nebel, Sahamie (2013).

Dentre alguns modelos de previsão de retorno, encontramos Kelle e Silver (1989) que sugerem quatro propostas diferentes de modelos, que serão utilizados para estimar a previsão de retorno e a demanda líquida do tempo de espera de contêineres reusáveis. Os modelos exploram o relacionamento entre o retorno e vendas passadas do produto, desenvolvendo matematicamente para os retornos previstos, uma aproximação normal e uma distribuição multinomial. A partir disso foi possível estimar a média e a variação dos retornos.

A grande desvantagem dos modelos propostos por Kelle e Silver (1989) ocorre por não poderem ser facilmente atualizados, e sendo assim, a cada nova informação dos retornos ou vendas, existe a necessidade de reestimar os parâmetros do modelo, o que pode envolver múltiplos procedimentos de inferência e passos.

Toktay, Wein e Zenios (2000) desenvolveram um modelo através do método Bayesiano para estimar parâmetros da distribuição de retorno de produtos.

Marx-Gomes et al. (2002) desenvolveram um modelo com formulação Neuro-fuzzy, para prever a quantidade e o tempo do retorno de fotocopiadoras. Com dados de retorno geradas através de um modelo de simulação, considerou-se dentre os fatores que afetaram o retorno das fotocopiadoras: a curva de vendas e falhas, ao qual foram descritas por uma distribuição Weibullian com respectivamente dois e três parâmetros, as formas de uso do produto pelos consumidores, descrito através de uma distribuição Normal Logaritmo e por último, a probabilidade do retorno descrito através de uma distribuição uniformemente distribuída. Foram desenvolvidas juntamente com especialistas e engenheiros do produto, dezesseis regras-bases, onde as variáveis definidas foram: vendas, ciclo de vida, incentivo para retornos, expectativa de vida e intensidade de uso. Posteriormente essas regras-bases foram refinadas pelo modelo através do modo auto-aprendizado. Esse tipo de abordagem proposto é específico a cada produto, e depende altamente de informações e conhecimentos adquirido pelos produtores do produto.

Clottey, Benton Jr., Srivastava (2012) exploraram o modelo desenvolvido por Toktay, Wein e Zenios (2000) em uma empresa de desenvolvimento de produtos eletrônicos. A principal modificação realizada no modelo de Toktay, Wein e Zenios (2000), refere-se à utilização de defasagem distribuída para capturar a dependência entre o retorno das vendas nos períodos passados dos produtos. Os resultados do estudo empírico apontaram uma redução de 99 a 99,4% em unidades para estoque, se comparadas quando não havia modelo de previsão na empresa.

Krapp, Nebel e Sahamie (2013) também desenvolveram uma modificação do modelo de Toktay, Wein e Zenios (2000). A principal contribuição dos autores foi tornar a formulação do modelo mais genérica permitindo maior liberdade de uso para adaptar em um problema específico. As principais modificações do modelo referem-se à utilização de distribuições geométricas e de Poisson. Para efetivar a acurácia do modelo foi comparado o desempenho do modelo em relação a alguns modelos clássicos de previsão de demanda, como suavização exponencial simples e dupla, médias móveis e regressão linear. Os resultados apontaram que o modelo desenvolvido ofereceu melhor acurácia.

Cada modelo apresentado anteriormente é específico para cada setor ou empresa que foram estudadas. Ou seja, não se pode generalizar o modelo para outros setores ou empresas sem apresentar modificações estruturais na sua composição, adaptando individualmente para cada caso.

Já a manufatura convencional, possui diversos modelos de previsão de demanda amplamente utilizados e difundidos que podem ser utilizados de forma genérica sem a necessidade de alteração do seu modelo estrutural. Ou seja, podemos aplicar um mesmo modelo de previsão de demanda em qualquer série histórica, em qualquer produto ou manufatura, salvo as limitações presentes do modelo. O que vai divergir nesses modelos de previsão, entre as séries analisadas, é a acuracidade.

A seguir iremos apresentar os conceitos e abordagens sobre previsão de demanda na manufatura convencional.

2.3 Previsão de demanda

A previsão de demanda ou consumo é um processo racional de busca de informações acerca do valor das vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens (MOREIRA,

2011). São consideradas, o ponto de partida para todo planejamento empresarial (DIAS, 2009).

Isto ocorre porque o gerenciamento da demanda é uma entrada no planejamento e controle da produção (VOLLMANN et al.; 2006) e serve como guia para planejamento estratégico da produção, finanças e vendas de uma empresa (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Em relação à demanda por itens contidos no estoque, elas podem ser divididas em demanda independente e demanda dependente. Na demanda independente não há dependência de nenhum outro item, e é principalmente influenciado por fatores externos das decisões da empresa, como as condições de mercado, que podem induzir a variação aleatória na demanda (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010; VOLLMANN et al.; 2006). Os itens de demanda dependente são aqueles diretamente condicionados a fatores internos nos quais a empresa possui controle, ou seja, aqueles que dependem da demanda de pelo menos outro item (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010; VOLLMANN et al.; 2006). Portanto, a demanda por itens de um produto final é chamado de demanda independente, enquanto a demanda por itens contidos nos estoques de fabricação é chamado de demanda dependente (VOLLMANN et al.; 2006).

Para realizarmos uma previsão de demanda ou consumo é necessário primeiramente realizar a análise da disponibilidade de dados, tempo e recursos (MOREIRA, 2011), porém com a proliferação da tecnologia e dos pacotes computacionais as previsões se tornaram mais fáceis de serem realizadas e com barateamento nos custos (SIPPER; BULFIN JR, 1997).

Segundo Moreira (2011) devemos considerar que os métodos e modelos de previsão não conduzem a resultados perfeitos e que a dinâmica e as mudanças do mercado nem sempre conseguem ser captadas por esses métodos e modelos.

Há basicamente dois tipos de abordagens para a realização de previsão de demanda ou consumo: as qualitativas e as quantitativas.

As abordagens qualitativas são baseadas no julgamento a respeito dos fatores causais que podem afetar as demandas futuras. Não se apóiam em nenhum modelo matemático, embora possa ser conduzidos de maneira sistemática. São muito úteis quando há ausência de dados, e também em lançamentos de novos produtos (MOREIRA, 2011). Dentre alguns métodos utilizados encontram-se a pesquisa aos clientes, pesquisas de mercado e Delphi (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Já a abordagem quantitativa é baseada em modelos matemáticos e utilizam-se de dados diversos e das demandas passadas para chegar a uma previsão futura (MOREIRA, 2011).

A abordagem quantitativa pode ser dividida em modelos causais e séries temporais.

Os modelos causais identificam uma ou mais variáveis que possam ajudar a prever a demanda futura para um produto em questão (FERNANDES; GODINHO, 2010). Isso significa que a demanda de um item (ou itens) pode estar relacionada com variáveis externas à empresa como, por exemplo, crescimento da população (ou de uma classe específica dela), número de alvarás expedidos para construção, consumo de certos produtos, etc (MOREIRA, 2011). Como exemplo de um modelo causal encontra-se os modelos de regressões lineares.

Os modelos de séries temporais exigem somente o conhecimento de valores passados da demanda. Porém, para utilizarmos as séries temporais devemos necessariamente possuir três condições elementares: disponibilidade de um vasto número de dados históricos para que estes sejam mensurados e assim gerar a estimação, informações que possam ser quantificadas em dados numéricos, e por último, que possamos assumir que certas informações em seu aspecto passado e atual têm reflexo no comportamento futuro, caracterizando assim seu princípio de comportamento (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

A figura 1 sintetiza as abordagens qualitativas e quantitativas para previsão de demanda ou consumo.

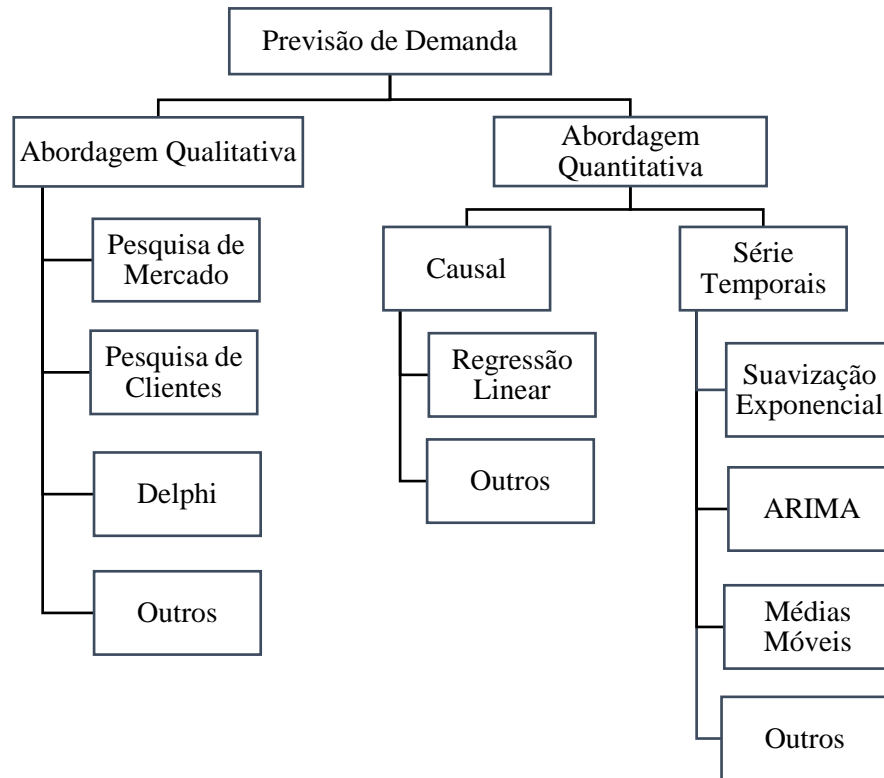


Figura 1-Tipos de abordagens e modelos de previsão de demanda

Fonte: Adaptado de Fernandes e Godinho (2010).

Conforme figura 1, encontramos dentro da abordagem quantitativa para previsão de demanda, as séries temporais que podem ser modelos matemáticos que se baseiam em dados passados para previsão de demanda. Dentre eles encontramos os modelos de suavização exponencial, modelos ARIMA e médias móveis.

2.4 Modelos matemáticos quantitativos temporais para previsão de demanda

A seguir apresentaremos uma breve introdução sobre os modelos de previsão de demanda de suavização exponencial e auto-regressivos integrado de médias móveis (ARIMA).

2.4.1 Modelos de suavização exponencial (SE)

Os modelos de Suavização exponencial (SE) possuem como objetivo atribuir menor grau de significância aos dados mais antigos, fazendo com que os dados mais afastados possuam importância exponencialmente menor no resultado da previsão (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Esses modelos assumem que os valores extremos da série representam a aleatoriedade e, assim, por meio da suavização desses extremos, pode-se identificar o padrão básico da série analisada (MORETTIN; TOLOI, 2006). Ainda devemos considerar que para a utilização dos modelos SE, não é necessário que os dados sejam estacionários.

Os modelos de SE são reconhecidos como uma das ferramentas mais empregadas na previsão de séries temporais (GARDNER JR, 2006) devido a sua simplicidade, fácil compreensão, baixo custo e razoável precisão (MORETTIN; TOLOI, 2006). As desvantagens no método incluem a complexibilidade para determinar os valores mais otimizados dos coeficientes de suavização e a dificuldade com os estudos das propriedades estatísticas como média e variância (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Dentre os diversos modelos existentes de SE, destacam-se o Modelo de Suavização Exponencial Simples, Modelo de Holt, Modelo de Holt-Winter para Efeitos Sazonais Aditivos e Modelo de Holt-Winter para Efeitos Sazonais Multiplicativos (GARDNER JR, 2006).

2.4.1.1 Modelo de suavização exponencial simples (SES)

O modelo de Suavização Exponencial Simples (SES) realiza o auto ajuste dos erros de previsão dos dados passados, para assim, realizar a previsão futura (GARDNER JR, 2006). O modelo é descrito por duas equações e uma constante de suavização. A equação 1 realiza a estimativa em nível. A equação 2 realiza o cálculo da previsão para os próximos m períodos da série temporal.

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (1)$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t \quad (2)$$

Onde, S_t é a suavização em nível da série, calculado após X_t for observado, α é o parâmetro de suavização para o nível e é arbitrário entre zero e um, X_t é o valor observado na série no período t e $\hat{X}_t(m)$ é a previsão para m períodos a frente desde a origem t .

No modelo SES, a equação 1 faz referência ao parâmetro calculado no período anterior. Como as séries são finitas, é necessário estimar os valores iniciais para o primeiro período. Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998) sugerem estimar o valor inicial de S_t , como sendo o primeiro valor observado da série ou a média de quatro ou cinco valores iniciais.

2.4.1.2 Modelo de suavização exponencial dupla ou de Holt (SEH)

O modelo de suavização exponencial dupla (SEH), conhecido como modelo de Holt, é utilizado satisfatoriamente em séries temporais que apresentam tendência de crescimento linear. Trata-se de uma expansão do modelo SES onde a principal diferença ocorre, pois além da suavização em nível, também realiza uma suavização em tendência (GARDNER JR, 2006). O modelo é descrito por três equações e dois parâmetros de suavização. A equação 3 realiza a estimativa em nível, a equação 4 da tendência e, a equação 5 realiza o cálculo da previsão para os próximos m períodos da série temporal.

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4)$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + mT_t \quad (5)$$

Onde S_t é a suavização em nível da série, calculado após X_t for observado, α é o parâmetro de suavização para o nível, X_t é o valor observado na série no período t , β é o parâmetro de suavização para a tendência, T_{t-1} é a suavização de tendência no final do período t , $\hat{X}_t(m)$ é a previsão para m períodos à frente desde a origem t e m é o número de períodos na previsão do prazo de entrega.

Os valores de α e β semelhantemente ao modelo SES devem ser arbitrários e devem estar entre zero e um.

Assim como no modelo SES, há a necessidade de estimar os valores iniciais da série. Os valores iniciais podem ser estimados pelas equações 6 a 8 (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$S_t = X_t \quad (6)$$

$$T_1 = X_2 - X_1 \quad (7)$$

ou,

$$T_1 = \frac{X_4 - X_1}{3} \quad (8)$$

2.4.1.3 Modelo de suavização exponencial tripla ou modelo de Holt-Winters (SEHW)

O modelo de suavização exponencial tripla (SEHW), ou modelo de Holt-Winters, é juntamente com o modelo SEH, uma evolução do modelo de SES, incluindo as características de tendência e sazonalidade.

Nos modelos de SEHW, há duas maneiras de modelar a sazonalidade: através da forma aditiva por meio do modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais aditivos, e através da forma multiplicativa por meio do modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais multiplicativos.

2.4.1.4 Modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais multiplicativos (SEHWM)

O modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais multiplicativos (SEHWM) é aplicado onde a variação sazonal difere ao longo do tempo, ou seja, séries que possuam dados sazonais com variações de amplitude proporcionalmente ao nível da série com o passar do tempo (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

O modelo SEHWM é composto por quatro equações. A equação 9 realiza a estimativa em nível da série, a equação 10 para ajuste de tendência no período atual, a equação 11 é o ajuste do fator sazonal no último período de sazonalidade e a equação 12 realiza o cálculo da previsão para os próximos m períodos da série temporal com a inclusão dos três componentes (nível, tendência e sazonalidade).

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-p}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (10)$$

$$I_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-p} \quad (11)$$

$$\hat{X}_t(m) = (S_t + mT_t)I_{t-p+m} \quad (12)$$

Onde S_t é a suavização em nível da série, calculado após X_t for observado, α é o parâmetro de suavização para o nível, X_t é valor observado na série no período t , β é o parâmetro de suavização para a tendência, T_t é a suavização de tendência no final do período t , $\hat{X}_t(m)$ é a previsão para m períodos a frente desde a origem t e m é o número de períodos na previsão do prazo de entrega, I_t é a suavização do índice sazonal no final do período t e p é número de períodos no ciclo sazonal.

Os valores iniciais dos componentes podem ser obtidos através das equações 13 a 15 (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$S_t = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p X_k \quad (13)$$

$$T_t = \frac{1}{p} \left(\frac{X_{p+1} - X_1}{p} + \frac{X_{p+2} - X_2}{p} + \dots + \frac{X_{p+p} - X_p}{p} \right) \quad (14)$$

$$I_j = \frac{X_j}{S_p} \quad j = 1, 2, 3, \dots, p \quad (15)$$

2.4.1.5 Modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais aditivos (SEHWA)

O modelo de Holt-Winters para efeitos sazonais aditivos (SEHWA) é aplicado onde a variação sazonal é constante ao longo do tempo, ou seja, onde as séries possuam dados sazonais com amplitude independente do nível da série.

O modelo SEHWA, também é composto por quatro equações. A equação 16 realiza a estimativa em nível da série; a equação 17, o ajuste de tendência no período atual; a equação 18, o ajuste do fator sazonal correspondente ao último período de sazonalidade e a equação 19 realiza o cálculo da previsão para os próximos m períodos da série temporal.

$$S_t = \alpha(X_t - I_{t-p}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (16)$$

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (17)$$

$$I_t = \gamma (X_t - S_t) + (1 - \gamma)I_{t-p} \quad (18)$$

$$\hat{X}_t(m) = S_t + mT_t + I_{t-p+m} \quad (19)$$

Onde S_t é a suavização em nível da série, calculado após X_t for observado, α é o parâmetro de suavização para o nível, X_t é o valor observado na série no período t , β é o parâmetro de suavização para a tendência, T_t é a suavização de tendência no final do período t , $\hat{X}_t(m)$ é a previsão para m períodos a frente desde a origem t , m é o número de períodos na previsão do prazo de entrega, I_t é a suavização do índice sazonal no final do período t e p é o número de períodos no ciclo sazonal.

Para os valores iniciais da série, podemos utilizar os mesmos do modelo SEHWM para a componente tendência (T_t) e nível (S_t), ou seja, a equação 13 e 14 (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Para os valores sazonais podemos utilizar as equações 20 a 22 (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$I_1 = X_1 - S_s, \quad (20)$$

$$I_2 = X_2 - S_s, \dots, \quad (21)$$

$$I_s = X_s - S_s, \quad (22)$$

2.4.2 Introdução aos modelos auto-regressivos integrados de médias móveis (ARIMA)

Os modelos auto-regressivos integrados de médias móveis (ARIMA) são classificados como um modelo geral para a análise de séries temporais em modelos estacionários e não-estacionários, onde parte-se do princípio que cada valor da série temporal, pode ser explicado por seus valores prévios (BOX; JENKINS; REINSEL, 1994). Ou seja, podemos explicar determinada variável, por meio de valores passados, valores passados dos resíduos e valores passados dos choques, sendo assim, sua variável altamente dependente.

A evolução dos computadores permitiu que os modelos ARIMA fossem aplicados em diversos campos da ciência nas modelagens e previsões que contenham séries temporais (CHRISTODOULOS; MICHALAKELIS, 2010). Dentre esses campos podemos citar: aplicações nas áreas médicas, financeira e engenharia.

A utilização dos modelos ARIMA pode ser limitada, pois para a elaboração dos modelos é necessário ter conhecimento em amplas técnicas de análise estatística e a utilização de softwares específicos (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Antes de apresentar os modelos ARIMA, alguns conceitos estatísticos devem estar consolidados. A seguir apresentaremos alguns desses conceitos estatísticos para facilitar o entendimento sobre esses modelos.

2.4.2.1 Fundamentos estatísticos para modelos ARIMA

- **Modelo Ruído Branco**

O modelo ruído branco descrito pela equação 23, é assim denominado por ser um modelo simples aleatório onde a observação X_t é constituída por duas partes, uma em nível geral, c , e uma componente de erro aleatório, e_t , que não são correlacionadas de período para período (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

$$X_t = c + e_t \quad (23)$$

Um bom modelo de previsão deve ter erros que seguem um modelo ruído branco (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

- **Estacionariedade da série**

O conceito estacionariedade é a principal idéia que se deve ter para estimar uma série temporal. É fundamental a sua constatação, pois é a estacionariedade da série que permitirá proceder às inferências estatísticas sobre os parâmetros estimados com base na realização de um processo estocástico (BUENO, 2008). Estacionariedade da série é um processo estocástico, cuja distribuição de probabilidade conjunta não muda quando deslocado no tempo. Consequentemente, parâmetros como a média e a variância, se estiverem presentes, também não mudam ao longo do tempo e não seguem qualquer tendência. Isso significa que não há declínios ou crescimento nos dados ao redor do tempo, ou seja, um processo em equilíbrio onde a família de variáveis se mantém a um nível constante médio (BOX; JENKINS; REINSEL, 1994).

- **Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP)**

A função de autocorrelação (FAC) é um passo muito útil para determinar se há quaisquer padrões restantes nos erros (ou resíduos) após um modelo de previsão ser aplicado, e também pode indicar se o método de previsão pode ser melhorado (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). A FAC é o gráfico da autocorrelação contra a defasagem (BUENO, 2008).

A autocorrelação é usada para descrever a correlação de dois valores da mesma série temporal, em diferentes períodos de tempo. De maneira genérica, o coeficiente de autocorrelação ρ_i mede a correlação entre as observações distantes i períodos de tempo (ou seja, uma autocorrelação de lag i (PELLEGRINI, 2000).

O coeficiente de autocorrelação ρ_i pode ser descrito pela equação 24.

$$\rho_i = \frac{\sum_{t=i+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-i} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (24)$$

onde ρ_i é o coeficiente de autocorrelação, X_t é a observação da série do tempo t , \bar{X} é a média da série temporal.

Sendo que ρ_1 indica como os valores sucessivos de X se relacionam entre si, ρ_2 indica como valores de dois períodos distantes de X se relacionam uns com os outros e assim por diante. Juntos, a função de autocorrelação em defasagens 1, 2, ..., compõem a FAC (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Similarmente a autocorrelação, a autocorrelação parcial também permite analisar o relacionamento entre valores de uma série temporal. A autocorrelação parcial mede o grau de associação entre X_t e X_{t-i} quando o efeito de outras defasagens (1, 2, 3, ..., $i-1$), são removidos. A autocorrelação parcial é apresentada por ϕ_{ii} .

O coeficiente de autocorrelação parcial ϕ_{ii} é o $i^{\text{ésimo}}$ coeficiente em um processo autorregressivos de ordem i . (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

- **Critério de Informação**

O critério de informação é uma forma de encontrar o número ideal de parâmetros de um modelo através de uma função que minimiza os resíduos, penalizando o número de regressores. Nos modelos ARIMA, freqüentemente dois ou mais modelos possíveis geram resíduos cujos testes indicam ser um ruído branco. O melhor modelo será o mais parcimonioso, satisfeito que os resíduos sejam os menores possíveis. Isto é, o modelo mais parcimonioso, portanto com menor número de parâmetros, que conseqüentemente deverá gerar menor imprecisão de estimativas justamente porque tem menos parâmetros que um modelo com mais parâmetros (BUENO, 2008).

Dentre os critérios de informação encontramos a estatística Schwarz que é denotada por BIC (*Bayesian Information Criterion*). O BIC é mais consistente assintoticamente que os outros critérios de informação (BUENO, 2008). Podemos representar o BIC através da equação 25.

$$BIC(p, q) = \ln \sigma^2 + n \frac{\ln T}{T} \quad (25)$$

Onde σ^2 é a variância estimada dos resíduos.

2.4.2.2 Modelos ARIMA

Para compreendermos como são formados os modelos ARIMA, primeiramente devemos analisar os modelos que compõe os modelos ARIMA: os modelos auto-regressivos e modelos de médias móveis, e sua composição: os modelos auto-regressivos de médias Móveis.

2.4.2.3 Modelos auto-regressivos (AR)

Muito comumente, alguns dados de séries temporais estão fortemente correlacionados com seus valores antecessores e sucessores (LEVINE et al., 2005). Devido a isto, os modelos auto-regressivos (AR) são modelos univariados que, basicamente, representam que alguns valores presentes e passados da série podem influenciar no valor da minha próxima previsão através de suas correlações (BUENO, 2008). A notação é dada por AR (p), onde p é o número de defasagens de X_t . Isso significa que a observação X_t é dada por uma média ponderada de observações passadas, para p períodos anteriores incluídos na série, além do período corrente (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). O modelo é descrito por uma equação. A equação 26 expressa uma combinação linear finita de valores prévios e do ruído aleatório.

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (26)$$

Onde X_t é o valor da previsão para o período t , ϕ_i são parâmetros auto-regressivos na defasagem i , c é o termo constante, e ε_t é o termo de erro no período t .

Os parâmetros auto-regressivos (ϕ_i) relacionam os valores correntes com seus valores passados, estimados na maioria das vezes, através do método de mínimos quadrados. O termo de erro (ε_t) é um ruído branco não correlacionado com média zero e variância constante (BOX; JENKINS; REINSEL, 1994; BUENO, 2008).

Devido à facilidade referente à modelagem algébrica, é muito comum a utilização do operador de defasagem B no modelo AR, (ENDERS, 2004), sendo assim, podemos representar o modelo AR através da equação 27.

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)X_t = c + \varepsilon_t \quad (27)$$

Para estimar o número ótimo de defasagens a serem utilizados nos modelos AR, pode-se realizar a análise da função de autocorrelação parcial (FACP) ou utilizar-se dos critérios de informação (BUENO, 2008).

Para as aplicações dos modelos AR, são necessários que esses sejam estacionários e, para que isso aconteça, a condição é que o operador AR ($\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$) tenha todas as suas raízes fora do círculo unitário, ou seja maior que um (MORETTIN; TOLOI, 2006). Isso é necessário para que a variância da série seja não negativa e finita.

2.4.2.4 Modelos de médias móveis (MA)

Os modelos de médias móveis (MA) são modelos univariados que consideram que o valor da previsão depende do erro corrente e dos erros passados (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Sendo assim, é possível definir que os modelos MA são resultados das médias móveis da série de erros de determinadas defasagens.

A notação é dada por MA (q), onde q é a ordem de médias móveis (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Isso significa que a observação X_t é dada por uma média móvel dos erros passados, para q períodos anteriores incluídos na série, além do período corrente (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). O modelo é descrito por uma equação. A equação 28 expressa uma combinação linear finita dos erros aleatórios e do ruído branco.

$$X_t = c + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (28)$$

Onde θ_q são parâmetros que relacionam o erro corrente com os erros passados do modelo, c é o termo constante de X_t , e ε_{t-q} são o termo de erro no período $t - q$.

Para a aplicação do modelo MA é necessário que o modelo seja estacionário, e atenda a condição de invertibilidade, ou seja, que seu parâmetro θ , tenha todas as suas raízes fora do círculo unitário (BUENO, 2008).

Para estimar o número ótimo de defasagens, podem-se utilizar os valores da FAC ou dos critérios de informação (BUENO, 2008).

Semelhantemente, aos modelos AR, podemos utilizar o operador de defasagem B para o modelo MA, de forma facilitar a modelagem algébrica. Sendo assim, podemos representar o modelo MA através da equação 29.

$$X_t = c + (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (29)$$

2.4.2.5 Modelos auto-regressivos de médias móveis (ARMA)

Os modelos auto-regressivos de médias móveis (ARMA) são simplesmente a combinação dos modelos AR e dos modelos MA (BUENO, 2008). O modelo é descrito por uma equação. A equação 30 expressa uma combinação linear finita dos modelos AR e MA com os valores prévios, erros aleatórios e o ruído branco.

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \sum_{j=0}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}, \quad (30)$$

Onde X_t é o valor da previsão para o período t , c é o termo constante, ϕ_i são parâmetros auto-regressivos, θ_j são parâmetros que relacionam o erro corrente com os erros passados do modelo e ε_t é o termo de erro no período t .

A notação é dada por ARMA (p, q), onde p é o número de defasagens da observação X_t e q é o número de perturbações incluídas da observação X_t (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Para o modelo ARMA, as condições de estacionariedade e invertibilidade estabelecidas para os modelos AR e MA devem ser mantidas (BUENO, 2008).

2.4.2.6 Modelos auto-regressivos integrado de médias móveis (ARIMA)

Na prática, muitas séries não possuem uma média constante, ou seja, não apresentam estacionariedade na média, mas possuem em geral um comportamento homogêneo, com a ocorrência de tendências que se repetem (MORETTIN; TOLOI, 2006). Sendo assim, podemos representar essa série por um processo estacionário com d níveis de diferenciações. O modelo que representa essa diferenciação é chamado de modelo auto-regressivo integrado de médias móveis (ARIMA) que é um eficiente modelo para descrever séries não estacionárias. Isso acontece porque diferencia-se a série até esta obter estacionariedade, e após

prossegue o processo de modelagem como um modelo ARMA. O modelo é descrito por uma equação. A equação 31 descreve o modelo ARIMA através do operador de defasagem B .

$$\phi(B)\Delta^d X_t = \theta(B)\varepsilon_t \quad (31)$$

Onde $\phi(B)$ é a porção auto-regressiva; Δ^d é o operador de diferenciação, sendo d o número de diferenças necessárias para tornar a série estacionária e $d \geq 0$; X_t é a série com os dados coletados; $\theta(B)\varepsilon_t$ é porção de médias móveis e ε_t é um elemento ruído branco identicamente e normalmente distribuído (i.n.d).

A notação é dada por ARIMA (p,d,q) , onde p é o número de defasagens de X_t , d é o número necessário de diferenciações para a série se tornar estacionária e q é o número de perturbações incluídas de X_t (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Quando a série possui a presença de sazonalidade ela também pode ser identificada e captada através da FAC e FACP e denominamos esse, como modelo auto-regressivos integrado de médias móveis sazonais (SARIMA).

2.4.2.7 Metodologia Box-Jenkins

A metodologia Box-Jenkins consiste em ajustar modelos ARIMA a um conjunto de dados. Foi apresentado, em 1976, pelos estatísticos George Box e Gwilym Jenkins através do trabalho denominado “*Time Series Analysis: Forecasting and control*” (BOX; JENKINS; REINSE, 1994). Essa metodologia propõe a estratégia para a escolha do modelo ARIMA, baseada em um ciclo iterativo no qual a escolha da estrutura do modelo é baseada nos próprios dados (MORETTIN; TOLOI, 2006). Os estágios do ciclo iterativo são:

- a) Identificação – Identifica um modelo, com base na análise da FAC, FACP e outros critérios;
- b) Estimação – Estima-se os parâmetros do modelo identificado;
- c) Verificação ou Diagnóstico – Verifica o ajustamento do modelo, através de uma análise de resíduos, para saber se este é adequado para os fins em vista (previsão, por exemplo).

Se após este ciclo, o modelo ainda não for adequado, inicia-se outro ciclo, retornando à fase de identificação. Dentre a variedade de modelos ARIMA, pode ser difícil decidir qual o modelo é mais apropriado para um conjunto de dados.

A figura 2 apresenta uma representação esquemática da metodologia Box-Jenkins para séries temporais proposta por Makdaridakis, Wheelwright e Hyndman (1998)

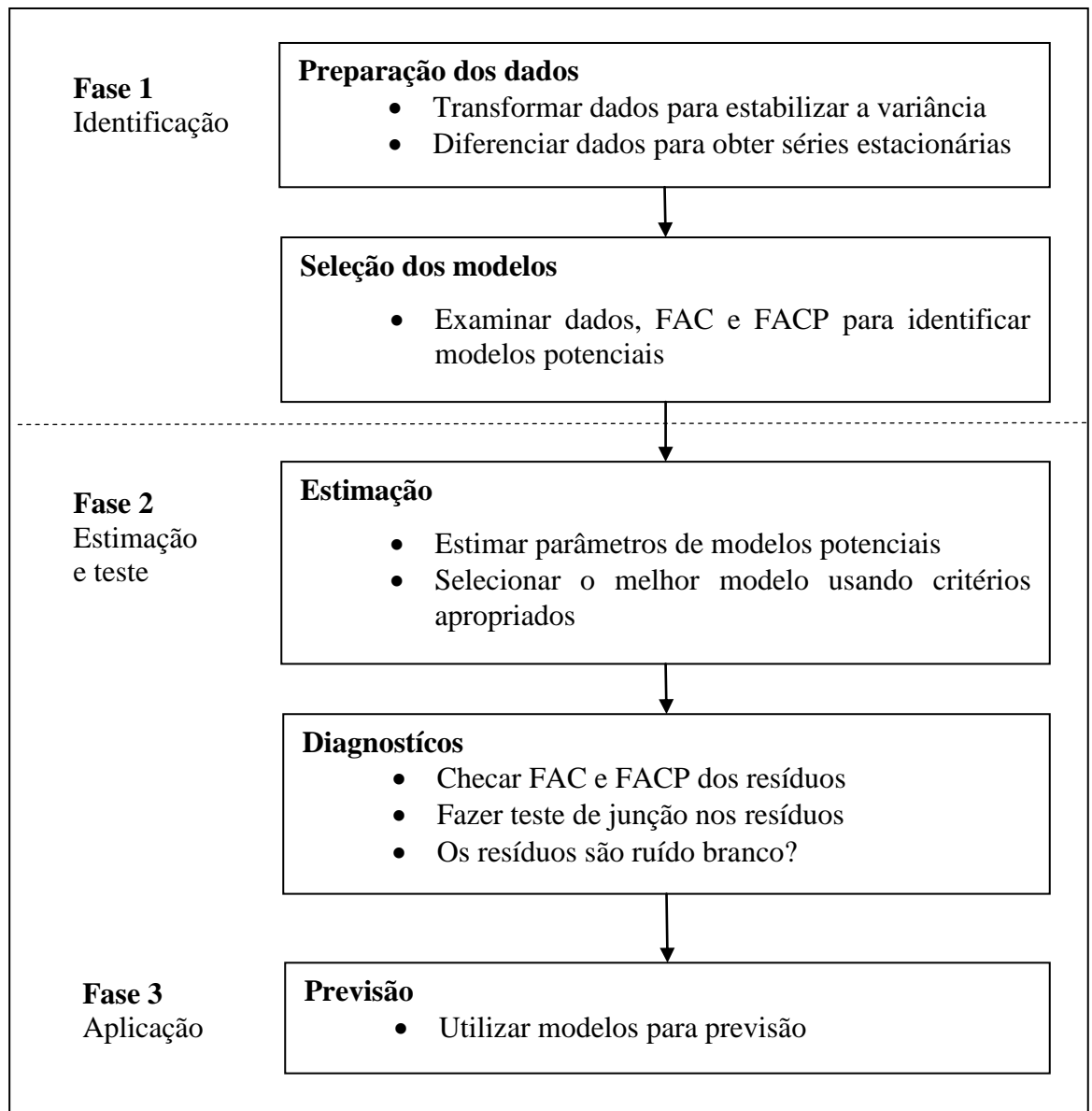


Figura 2- Representação esquemática da metodologia de Box-Jenkins
 Fonte: MAKDARIDAKIS, WHEELWRIGHT E HYNDMAN (1998)

2.5 Medidas estatísticas de desempenho nas previsões de demanda

Para se obter a seleção do melhor método de previsão, é possível comparar uma ou mais medidas estatísticas de desempenho sobre os erros de previsão (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Dentre as diversas medidas existentes, pode-se citar o erro absoluto médio (MAE) descrito conforme equação 32, o erro absoluto médio percentual (MAPE) descrito na equação 33 e a raiz do erro médio quadrático (RMSE) descrito na equação 34.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\hat{X}_t - X_t| \quad (32)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (33)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \hat{X}_t)^2}{n}} \quad (34)$$

Onde \hat{X}_t é a previsão para o período t ; X_t é o valor observado da série no período t e n é o número de períodos incluídos na série histórica.

A medida MAE, primeiramente torna cada erro de previsão positivo, ou seja, tendo o seu valor absoluto para realizar a média desses resultados. Já a medida MAPE afim de efetuar comparações, realiza a média dos valores absolutos dos erros percentuais da previsão.

Segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), as medidas MAE e MAPE possuem as vantagens de serem mais interpretáveis e simples de explicar a não especialistas. Além destas facilidades, são largamente utilizadas para estudos de previsões (POLIWAL; KUMAR, 2009).

Já a medida RMSE, providencia uma estimativa do desvio padrão do erro de previsão e pode ser utilizado para a construção de intervalos de confiança nas previsões (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Segundo Hyndman e Koehler (2006) o uso da medida RMSE tornou-se bastante popular.

3 REFERENCIAL TEÓRICO – GESTÃO DE COMPRAS E ESTOQUES

Conforme referido no capítulo 2, esse capítulo apresentará tópicos relacionados à gestão de compras e estoques.

3.1 Gestão de compras

A função compra é um segmento essencial do departamento de materiais ou suprimentos, que tem por finalidade suprir as necessidades de materiais ou serviços, planejá-las quantitativamente satisfazendo no momento certo com as quantidades, verificando se recebeu efetivamente o que foi comprado e providenciando armazenamento (DIAS, 2009).

Segundo Dias (2009), normalmente os objetivos básicos de um departamento de compras são:

- Obter um fluxo contínuo de suprimentos a fim de atender aos programas de produção;
- Coordenar esse fluxo de maneira que seja aplicado um mínimo de investimento que afete a operacionalidade da empresa;
- Comprar materiais e insumos aos menores preços, obedecendo a padrões de quantidade e qualidade definido;
- Procurar sempre dentro de uma negociação justa e honrada as melhores condições de pagamento.

A compra de materiais é um dos meios para as reduções de custos (DIAS, 2009). O profissional de compras deve visualizar oportunidades para reduções de custos, especialmente na sincronização dos fluxos de materiais, na determinação das quantidades compradas, na origem dos materiais e no estabelecimento das condições de transação. Ou seja, as questões fundamentais são quanto e quando comprar, onde comprar (ponto de embarque) e quais devem ser o peso, a formatação e o tamanho dos materiais na entrega (BALLOU, 2006). A quantidade de cada compra e seu momento, afetam os preços a serem pagos, os custos de transporte e de manutenção de estoques (BALLOU, 2006).

As atividades de compra e programação envolvem decisões com alcance para afetar profundamente a movimentação e estocagem eficientes de mercadorias no âmbito do canal de

suprimentos. As utilizações dos métodos de controle dos estoques são uma modalidade que garantem a disponibilidade das mercadorias (BALLOU, 2006).

3.2 Gestão de estoques

Segundo Ballou (2006) estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas. Eles são uma espécie de “buffer” (pulmão) entre o suprimento e a demanda (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010) e servem para acomodar a diferença entre a taxa de oferta e a taxa de demanda (CORRÊA H. L.; CORRÊA C. A, 2006). Essa diferença pode ser causada por fatores internos que são controláveis através de políticas da própria empresa ou pode ser causado por fatores externos como a incerteza na demanda e no suprimento, que são incontroláveis. (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

É importante gerenciar estoques cuidadosamente visto que o seu custo de manutenção pode representar de 20 a 40% do seu valor por ano (BALLOU, 2006). Custos de manutenção dos estoques são aqueles resultantes do armazenamento, ou propriedade, de produtos durante um determinado período proporcionais à média das quantidades de mercadorias disponíveis. Segundo Ballou (2006) os custos de manutenção podem ser classificados em custos de espaço, custos de capital, custos de serviços de estocagem e custos dos riscos de estocagem.

Custo de espaço são os custos resultantes pelo uso do volume no prédio de estocagem e podem ser cobradas por peso e período de tempo quando se trata de espaço alugado e ou quando em espaço próprio ou contratado podem ser resultantes pela alocação de custos operacionais relacionados ao espaço como iluminação e calefação (BALLOU, 2006).

Custos de capital são derivados do custo do dinheiro imobilizado em estocagem e podem representar acima de 80% dos custos totais de estoque (BALLOU, 2006). Isso ocorre porque o capital investido em estoques é oneroso e aumenta continuamente, uma vez que o custo financeiro aumenta principalmente em conjuntura econômicas adversas (DIAS, 2009).

Custos de serviços de estocagem são custos relacionados ao pagamento de seguros e impostos que são calculados sobre os níveis de estoques existentes (BALLOU, 2006).

Custos dos riscos de estocagem são custos relacionados à deterioração, roubos, danos, ou obsolescência dos itens estocados (BALLOU, 2006).

Há também os custos com a falta de estoques, que são quando ocorre um pedido que não pode ser atendido a partir do estoque ao qual é normalmente encaminhado. Nessa categoria há os custos com as vendas perdidas, que ocorre quando o cliente, em face da situação, opta pelo cancelamento do pedido, e a de pedidos atrasados, que ocorre quando o cliente se dispõe a esperar o atendimento de seu pedido, de maneira que a venda não deixa de ser concretizada (BALLOU, 2006).

Por último, há os custos relacionados com a aquisição de mercadorias para a reposição dos estoques, que são quase sempre uma significativa força econômica que determina as quantidades de reposição. Esses custos envolvem preço, fabricação do produto, preparação do processo de produção, processamento de um pedido, transporte e outros (BALLOU, 2006).

A princípio, esses custos podem parecer indiretos, difusos e até mesmos irrelevantes, mas a redução desses custos ao manter menos estoques, pode ser crucial na luta para competir por mercados mundiais (GAITHER; FRAZIER; 2002).

Uma das formas para atingir o objetivo da otimização de investimento em estoques é uma correta implementação da sua política ou gestão (DIAS, 2009). As definições dessas políticas são importantes ao bom funcionamento da administração de estoque porque controla o fluxo de retorno sobre o capital, ou seja, a relação lucro sobre vendas e giro de capital (DIAS, 2009).

3.3 Sistemas ou políticas de gestão de estoque

Para organizar um setor de controle de estoques inicialmente devemos descrever seus objetivos principais que devem ser o que, quando, quanto comprar de materiais para um período predeterminado, quanto manter de estoques de segurança e onde localizar os estoques de produtos acabados (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). A maioria das grandes empresas não está mais enfatizando o “quanto”, e sim o “quando” comprar materiais. Possuir estoques na quantidade correta no tempo incorreto não é adequado, pois a determinação desses prazos é que é essencial (DIAS, 2009).

As variáveis de decisão (o que, quando, quanto, etc) são consequência direta da escolha da política ou sistema de gestão de estoque pela empresa.

A escolha do modelo de gestão de estoque mais adequado é, em essência, uma decisão com base empírica que pode envolver o uso de simulação, análises de custos incrementais ou esquemas conceituais qualitativos, também conhecidos como abordagens de classificação. Porém a dificuldade para seleção dos modelos de gestão de estoque é, potencializada pela falta de entendimento dos custos da falta e do excesso relativo aos itens (WANKE, 2012).

Dentre os diversos modelos e sistemas existentes para modelos de gestão de estoque, encontramos o sistema de revisão contínua e o sistema de revisão periódica. A seguir apresentaremos esses sistemas.

3.3.1 Sistema de revisão contínua ou Modelo (S,s)

O Sistema de Revisão Contínua ou modelo (S,s) envolve revisão contínua do nível de estoque, sendo os pedidos de ressurgimento feitos sempre que a posição do estoque atingir o ponto do pedido s. Neste caso, é utilizada uma quantidade de ressurgimento capaz de elevar a posição do estoque até o ponto S. Ou seja, na prática o tamanho do lote é de (S) (WANKE, 2012). O tamanho do lote (S) pode ser definido, segundo algum critério de interesse baseado na experiência ou aplicando-se o modelo de lote econômico de compra apropriado para a situação em questão. Porém, de acordo com Tubino (2000), a adoção do sistema de revisão contínua não está necessariamente vinculada ao uso do lote de compra econômico.

A lógica deste sistema é sempre existir uma ordem quando o nível de estoque cai abaixo de um determinado nível. Já o desempenho do modelo é determinado exclusivamente pela decisão da quantidade a ser mantida em estoque (S), como proteção contra falta de estoques (WANKE, 2012). Quanto menor a variação na demanda, melhor o desempenho do sistema de revisão contínua (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

O intervalo entre cada situação neste modelo normalmente é variável, podendo-se definir o momento de colocar o pedido junto ao fornecedor, isto é, o ponto do pedido (s). A fórmula para o ponto do pedido, a fim de se proteger contra incerteza da demanda e do tempo de resposta do material, através do estoque de segurança, é apresentada pela equação 35.

$$PP = D * TR + ES \quad (35)$$

Sendo que PP é o ponto do pedido, D é a demanda por unidade de tempo, TR é o tempo de resposta no ressurgimento, em unidades de tempo e ES é o estoque mínimo ou de segurança.

3.3.2 Sistema de revisão periódica

O sistema de revisão periódica consiste em definir um intervalo ótimo entre cada solicitação. A quantidade solicitada a cada novo pedido varia de acordo com o consumo do período anterior. Portanto, normalmente, a quantidade solicitada é diferente da quantidade ótima, devendo ser suficiente para cobrir a demanda durante o intervalo considerado (ROSA; MAYERLE; GONÇALVES, 2010).

A grande diferença entre os sistemas de revisão contínua e periódica está no momento da decisão. No sistema de revisão periódica as revisões são feitas a intervalos fixos, eliminando a necessidade de controle contínuo sobre o nível atual do estoque. Sendo assim, o intervalo pode ser convenientemente escolhido de forma a fazer coincidir, numa mesma data, as emissões dos pedidos de vários produtos, facilitando o processo de aquisição e aproveitando eventuais descontos no transporte (ROSA; MAYERLE; GONÇALVES, 2010).

Essa característica faz com que essa sistemática seja, mais empregada pelas empresas. Contudo, a escolha do intervalo mais conveniente pode seguir outro critério qualquer de interesse (TUBINO, 2000).

3.4 Estoque mínimo ou estoque de segurança

O estoque mínimo ou estoque de segurança é a quantidade que deve existir em estoque, que se destina a cobrir eventuais atrasos no ressurgimento, objetivando a garantia do funcionamento ininterrupto e eficiente do processo produtivo, sem o risco de faltas (BALLOU, 2008; DIAS, 2009). O estoque de segurança também tem a função de lidar com a incerteza no suprimento e na demanda, pois dificilmente esses terão um grau de precisão e atendimento totalmente acurado (VOLLMAN, BERRY, WHYBARK; 1997).

O estoque de segurança ou mínimo será um estoque morto e ele simplesmente existirá para enfrentar situações adversas ou eventualidades. Por isso, deve-se ter bom senso ao dimensionar o estoque de segurança visto que ele representa capital empatado e inoperante (DIAS, 2009). Na verdade, se os prazos de entrega e a demanda pudessem ser previstos com certeza absoluta, não haveria necessidade de nível algum de estoque de segurança (BALLOU, 2008). Quanto maior for o estoque de reserva ou segurança, menor a probabilidade de ocorrer falta (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

O estoque de segurança é determinado por cálculos de base estatística que lidam com a natureza aleatória da variabilidade presente e seu tamanho depende da extensão desta variabilidade e do nível de disponibilidade de estoque proporcionado.

Segundo Wanke (2012), o estoque de segurança pode ser calculado através da equação 36.

$$ES = K \sqrt{(VAR(D) * TR + VAR(TR) * D^2)} \quad (36)$$

Sendo VAR (D) é a variância na demanda e VAR (TR) é a variância do tempo de resposta e K é um fator de segurança ou a quantidade de desvios padrão da demanda no tempo de resposta.

Tradicionalmente, o fator de segurança K para um determinado nível de serviço é igual aos valores tabelados na curva Normal padrão, Z (WANKE,2012). A distribuição normal, ou curva de Gauss, utilizada para estimar o parâmetro K, considera o risco que se pretende assumir usando uma quantidade de estoque, a fim de suportar um maior consumo durante o tempo de reposição (DIAS, 2009).

3.5 Nível de serviço

Nível de serviço é definido como a probabilidade de ter um item quando o cliente solicitar ou ainda nos casos do atendimento ser sob encomenda, é igual à porcentagem de pedidos entregues dentro do prazo estipulado. Deve-se reduzir o nível de estoque até o ponto em que essa redução não afeta de forma inconvenientemente o nível de serviço desejado. (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

4 MÉTODO DE TRABALHO

O método adotado para o desenvolvimento do trabalho em questão foi o estudo de caso único.

Para Yin (2001), um estudo de caso é uma investigação empírica que averigua um fenômeno contemporâneo em seu contexto real, principalmente quando seus limites ainda não estão bem definidos. O método de estudo de caso pode ser dividido em estudo de caso único, em que a unidade de análise é um caso apenas, e os estudos múltiplos, em que vários casos são analisados (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; YIN, 2001). No estudo de caso único existe maior aprofundamento, porém existem limites em relação à generalização das conclusões desenhadas (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Com relação ao objetivo, a presente pesquisa é exploratória, pois trata de um problema pouco conhecido com o objetivo de definir hipóteses ou proposições para futuras pesquisas.

Caracteriza-se como uma pesquisa aplicada orientada ao desenvolvimento de uma proposição metodológica com vistas à solução de um problema específico.

Através da abordagem quantitativa, serão utilizados dados de um problema real, de forma a permitir uma experimentação.

Como critério de escolha da empresa de estudo de caso, foram elegíveis empresas localizadas no Brasil que realizam o processo de remanufatura. A empresa escolhida foi selecionada devido à facilidade de acesso aos dados e apoio do projeto de implementação pela alta gerência.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 A empresa selecionada

A empresa selecionada para o estudo possui 15 anos de atividade no segmento de combate e prevenção ao incêndio e está localizada no interior do Estado de São Paulo. Dentre os produtos e serviços oferecidos pela empresa encontram-se:

- Manutenção e recarga de extintores usados (remanufatura de extintores);
- Desenvolvimento e execução de projetos de prevenção contra incêndio, como sistemas de proteção por hidrantes, chuveiros automáticos, detecção e alarme, iluminação de emergência, etc.;
- Assessoria mensal e manutenção em equipamentos de combate a incêndio já instalados;
- Formação e manutenção de brigadas de incêndio através de um centro de treinamento especializado;
- Representação e comercialização de produtos de combate a incêndio como alarme e detectores de fumaça, iluminação de emergência, *sprinklers*, extintores, etc.

A empresa possui trinta e cinco funcionários, sendo doze alocados no processo de remanufatura de extintores. Maiores informações sobre as características do setor de remanufatura de extintores de incêndio no Brasil encontram-se no Apêndice A.

Com relação a sua participação no mercado de remanufatura de extintores de incêndio, segundo o banco de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a empresa estudada é a única empresa autorizada no seu município a atuar com inspeção técnica e manutenção de extintores de incêndio. Se considerarmos a região metropolitana em que a empresa atua, no qual é composta por 26 municípios e que em relação ao PIB ocupou em 2011 o 15º lugar na economia nacional, existem 10 empresas autorizadas a executar serviços de inspeção técnica e manutenção de extintores (INMETRO, 2014).

A empresa selecionada tem como missão: “Satisfazer as reais necessidades e objetivos dos seus clientes, com valores competitivos, prazos rápidos e excelência na elaboração e execução dos projetos, contando com um corpo técnico altamente especializado.”

Já a visão da empresa consiste em: “Alcançar o sucesso através da satisfação de nossos clientes, trabalhando com seriedade, qualificação e competência.”

O foco principal da empresa estudada está em satisfazer os clientes atendendo as suas reais necessidades, sempre trabalhando com melhoria contínua da qualidade dos produtos e serviços oferecidos.

A seguir serão apresentados os tipos e modelos de produtos remanufaturados pela empresa.

5.2 Tipos e modelos de produtos remanufaturados pela empresa

A empresa selecionada trabalha com vinte e quatro modelos de extintores remanufaturados. Maiores informações sobre extintores de incêndio encontram-se no Apêndice B. A principal diferença entre esses modelos ocorre no tipo e na quantidade de cada conteúdo inserido no produto. A empresa trabalha com cinco diferentes conteúdos. São estes: gás carbônico (CO₂), água, pó químico seco BC, pó químico seco ABC e espuma mecânica. A figura 3 apresenta os modelos de extintores remanufaturados pela empresa agrupados por tipo de conteúdo.

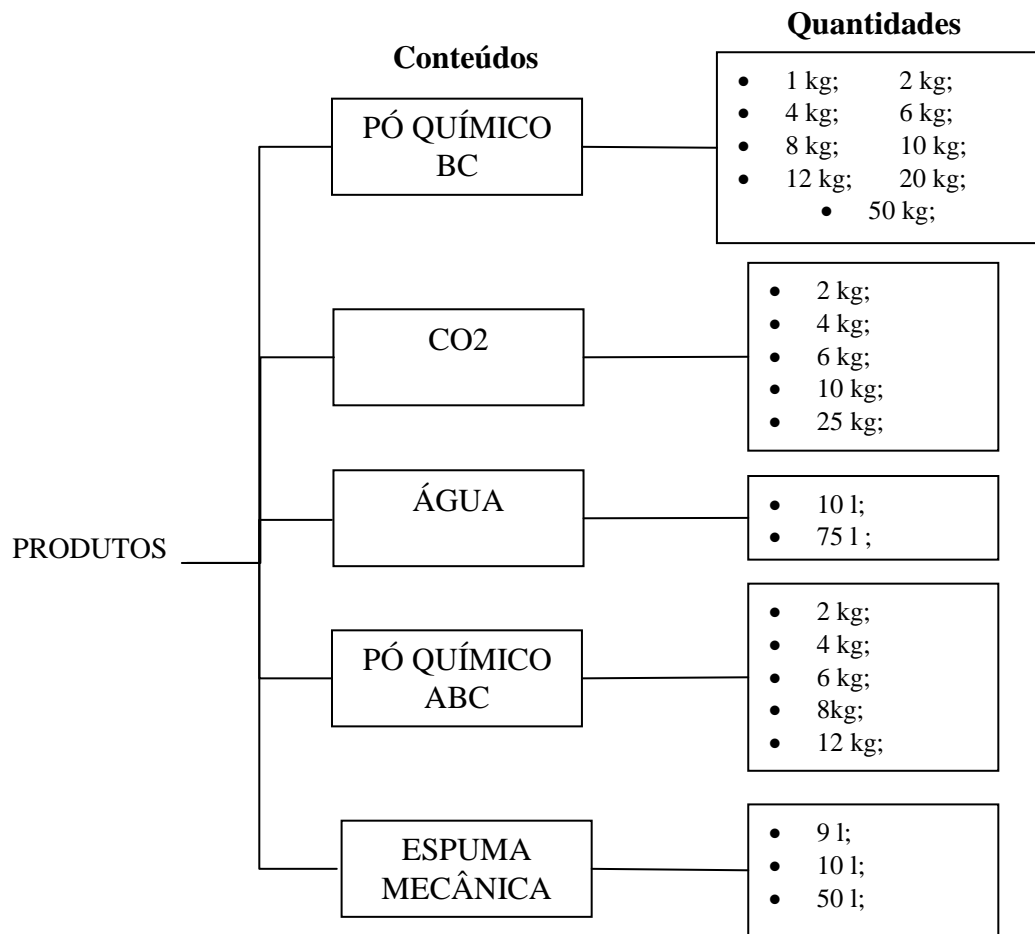


Figura 3- Modelos de extintores remanufaturados pela empresa agrupado por conteúdo

Para o processo de realização da remanufatura dos extintores de incêndio é necessário substituir alguns materiais. São considerados como materiais básicos na remanufatura de extintores da empresa estudada os itens: Lacre, rótulo, anel de vedação, selo, manual e insumos como álcool, tinta e óleo lubrificante e devem ser obrigatoriamente substituídos em cada processo de remanufatura. Já os materiais (conteúdo) são os materiais que serão substituídos internamente no processo de remanufatura do extintor, como pó químico BC, pó químico ABC, CO₂, água e espuma mecânica. A figura 4 apresenta a lista dos materiais utilizados nos extintores remanufaturados. A figura 5 apresenta os componentes gerais internos e externos do extintor.

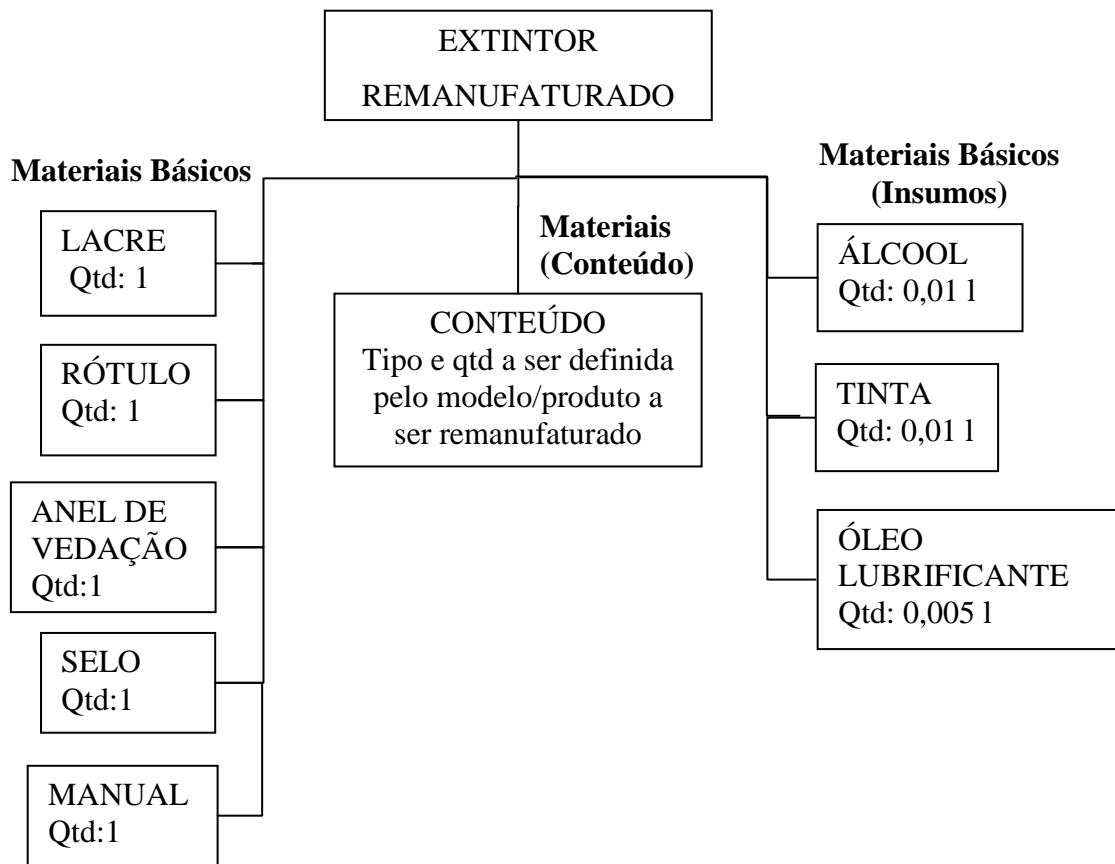


Figura 4- Lista de materiais para extintores remanufaturados

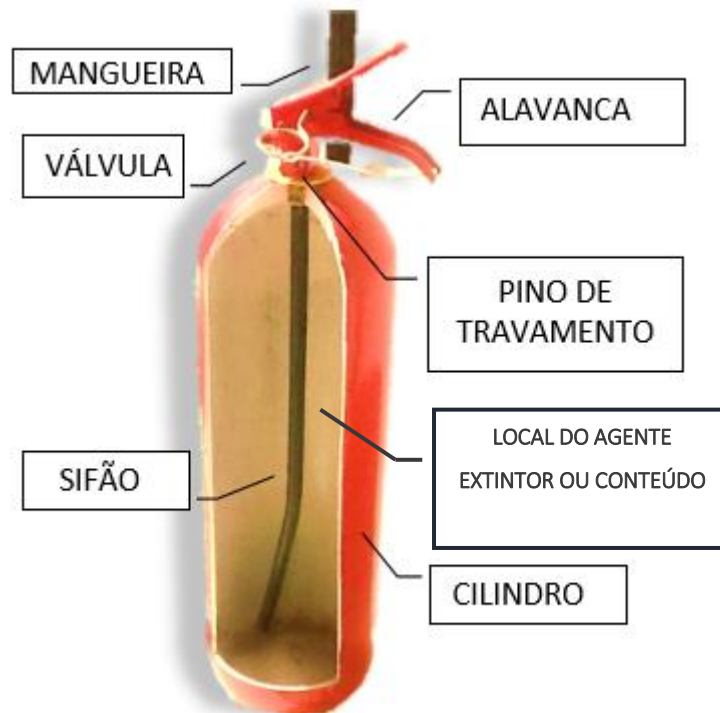


Figura 5- Componentes gerais internos e externos de um extintor de incêndio

Os materiais utilizados no processo de remanufatura correspondem a um grande percentual dos custos médios totais desses extintores. Conforme figura 6, os materiais correspondem em média, a 47,46% dos seus custos totais. Desse percentual, 45,04% referem-se a custos com a compra dos materiais (conteúdos) e 2,42% referem-se a custos relacionados a materiais básicos.

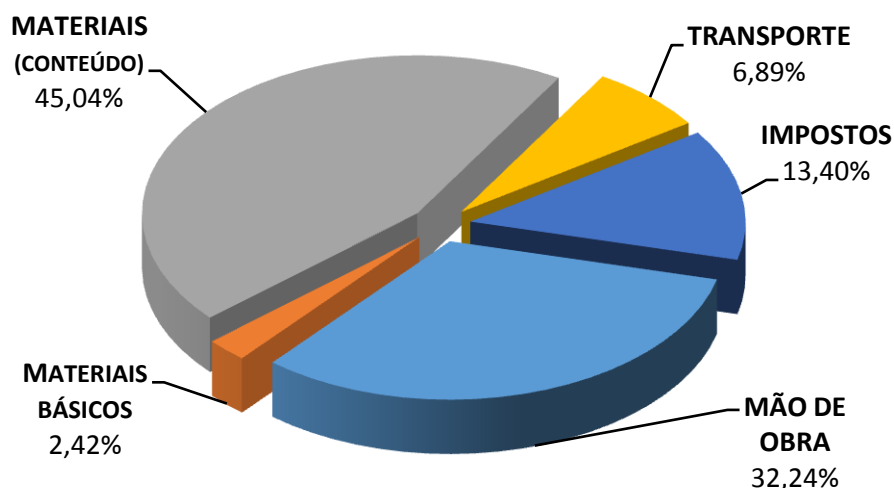


Figura 6- Composição de custos médios da remanufatura de extintores na empresa

A seguir será apresentado como é realizado o processo de remanufatura de extintores na empresa estudada.

5.3 Processo de remanufatura de extintores na empresa

Conforme figura 7, os extintores com o conteúdo de água, CO₂ e pó químico BC, que juntos somam dezesseis modelos, correspondem a 96,71% da demanda média anual de extintores remanufaturados na empresa. Se considerarmos somente os nove modelos com o conteúdo de pó químico BC, juntos eles correspondem a quase 50% dessa demanda. Em virtude da expressiva significância para os conteúdos de água, CO₂ e pó químico BC, nesse estudo, o processo de remanufatura dos produtos foi analisado somente nos extintores desses conteúdos.

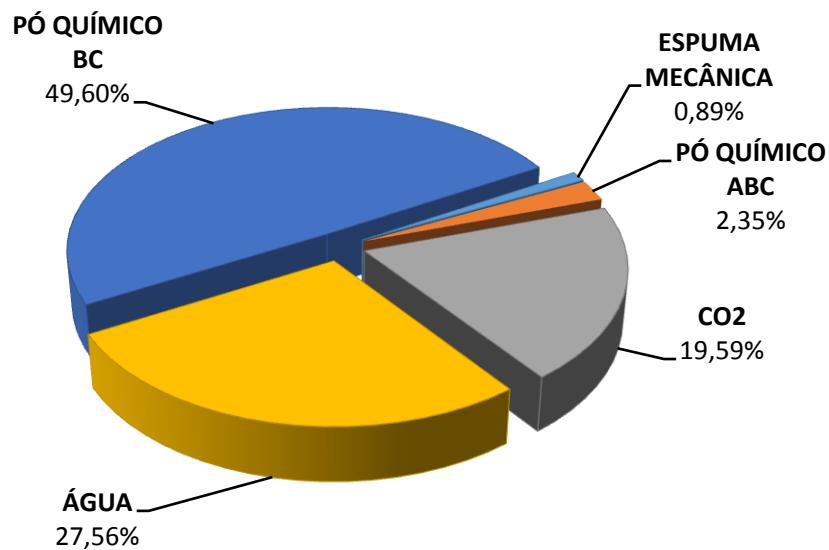


Figura 7- Análise de participação da demanda média anual dos extintores remanufaturados separados por seus conteúdos

A Figura 8 apresenta o processo produtivo de remanufatura de extintores da empresa estudada. Conforme figura 8, o processo produtivo de remanufatura de extintores na empresa inicia-se com a realização da inspeção visual pelo operador, para detectar imperfeições ou peças danificadas. Após, são retirados os rótulos e selos externos e remove-se o conteúdo do cilindro. Executa-se a pesagem do extintor e inicia-se o processo de desmontagem dos extintores. Retiram-se as peças externas, como mangueiras, válvulas e manômetros. Após a desmontagem, é realizada uma limpeza nos itens e são testadas as peças que compõem o extintor. Os itens que apresentam avarias são separados e destinados para sucateiros.

Posteriormente, ocorre o processo de recarga do cilindro, onde é inserido o correspondente conteúdo. Há perdas em torno de 1% do respectivo conteúdo com a realização desse processo. Após, fecha-se o extintor. Os extintores são pesados com a finalidade de mensurar o conteúdo no interior do cilindro e certificar se o conteúdo está de acordo com as normas. Para isso é feito a comparação com a pesagem realizada sem o conteúdo e após a recarga.

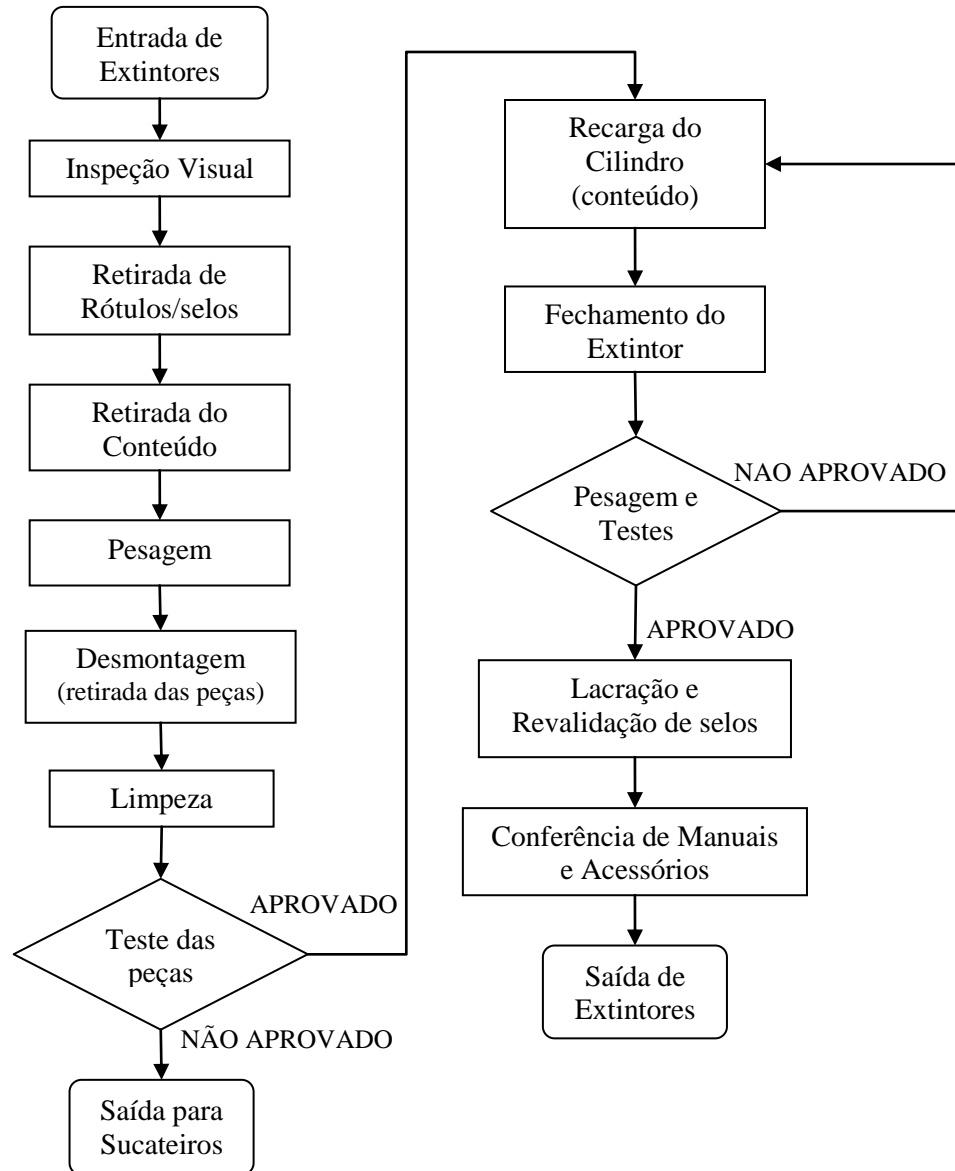


Figura 8- Processo produtivo de remanufatura de extintores da empresa estudada

Testes são realizados para verificar se o extintor possui vazamentos ou problemas que possam comprometer sua segurança. Finalmente, o lacre e a revalidação de todos os selos são efetuados, além da conferência de manuais e acessórios que acompanham o extintor.

A seguir será apresentado o atual método de compras e gestão de estoque da empresa estudada nos materiais (conteúdos).

5.4 Método atual de compras e gestão de estoque nos materiais (conteúdos)

Atualmente a empresa utiliza-se do sistema de revisão contínua como modelo de compras e gestão de estoque nos materiais (conteúdos). A única exceção para o uso desse sistema nos materiais (conteúdos) é a água. A figura 9 apresenta o fluxograma com o sistema de revisão contínua utilizado. O fluxograma apresenta que diariamente, a quantidade disponível do produto na empresa é verificada através de inspeção visual realizada pelo encarregado de produção. Quando o encarregado de produção verifica uma quantidade inferior ao ponto do pedido de cada material, este avisa através de correio eletrônico ao responsável de compras que emite um pedido de compras ao fornecedor.

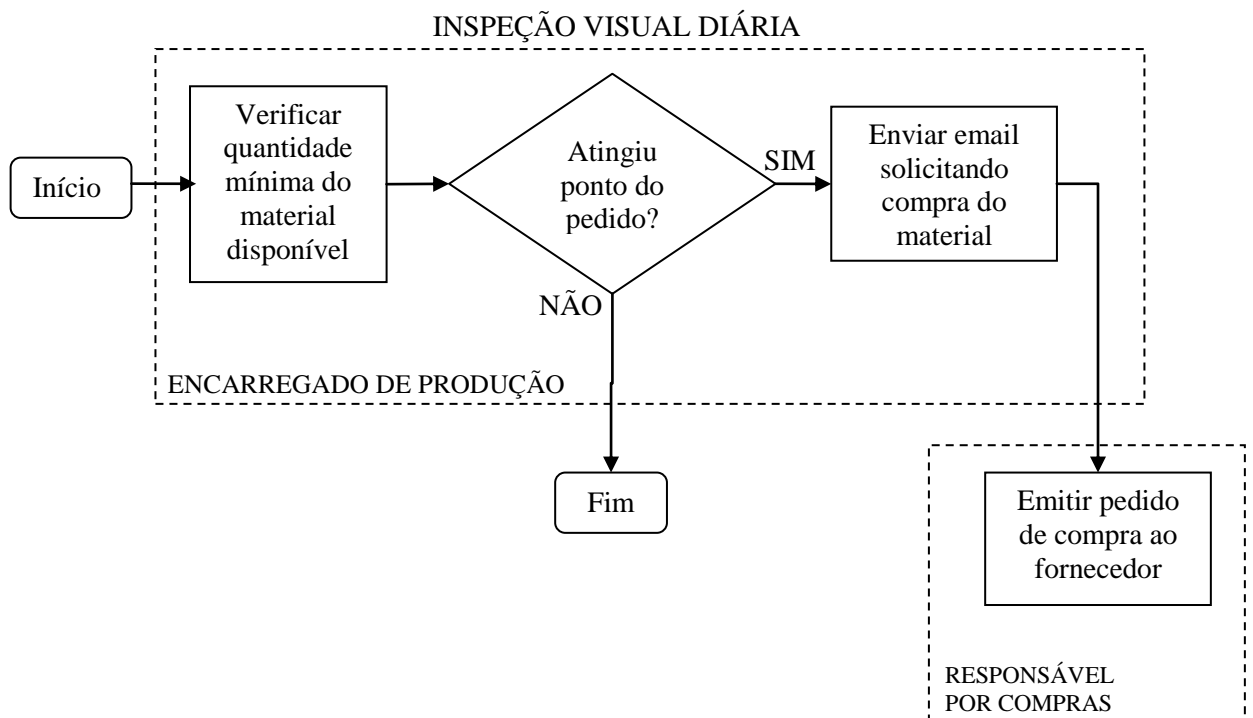


Figura 9- Sistema de revisão contínua utilizado pela empresa para compra de materiais (conteúdos)

A seguir descreveremos os detalhes e os parâmetros desse processo.

- **CO2**

O CO2 é armazenado em um tanque localizado na área externa da área produtiva e enviado para o local de abastecimento dos extintores remanufaturados através de tubulações.

O tanque está em posse da empresa através de um contrato de comodato e que requer custos mensais fixos com a manutenção e locação do tanque. A capacidade máxima do tanque é de 4200 kg e a empresa fornecedora do CO2 exige um lote mínimo de compra de 1000 kg. A empresa fornecedora não cobra frete pelo abastecimento.

Atualmente o responsável pela compra do conteúdo emite pedidos na quantidade de compra de 2000 kg, quando a quantidade disponível do conteúdo na empresa está em torno de 500 kg (ponto do pedido). A empresa fornecedora possui um *lead time* de fornecimento de cinco dias úteis.

- **Pó Químico BC**

O Pó Químico BC é armazenado dentro da área produtiva em barricas com capacidade máxima de 50 kg cada. A capacidade máxima total de armazenamento das barricas de pó químico BC na empresa é de 10.000 kg. A empresa fornecedora do pó químico BC requer uma quantidade mínima de compra de 1000 kg (lote de compra mínimo). A empresa fornecedora não cobra frete pelo abastecimento.

Atualmente o responsável pela compra do conteúdo emite pedidos com a quantidade entre 2000 kg a 5000 kg a ser definido por critérios arbitrários pelo responsável por compras. O ponto do pedido do material ocorre quando a quantidade disponível do conteúdo na empresa apresenta valores entre 800 a 1000 kg. A empresa fornecedora possui um *lead time* de fornecimento de cinco dias úteis.

- **Água**

O abastecimento do conteúdo de água ocorre através da rede comum de abastecimento de água e esgoto e é o único item pertencente aos materiais (conteúdos) que possui baixo valor agregado. A água utilizada não precisa ser comprada com antecedência ou em

quantidades definidas, e em condições de fornecimento normais da companhia de água e esgoto, não precisa ser armazenada no processo produtivo.

- **Pó Químico ABC**

O Pó Químico ABC é armazenado dentro da área produtiva em barricas com a capacidade de 50 kg cada, semelhantemente ao pó químico BC. A capacidade máxima de armazenamento de barricas de pó químico ABC na empresa é de 1.000 kg. A empresa fornecedora do pó químico BC requer uma quantidade mínima de compra de 100 kg (lote de compra mínimo). A empresa fornecedora não cobra frete pelo abastecimento.

Atualmente o responsável pela compra do conteúdo emite pedidos com a quantidade entre 100 kg a 200 kg a ser definido por critérios arbitrários pelo responsável por compras. O ponto do pedido do material ocorre quando a quantidade disponível do conteúdo na empresa apresenta valores entre 150 a 200 kg. A empresa fornecedora possui um *lead time* de fornecimento de cinco dias úteis.

- **Espuma Mecânica**

A espuma mecânica é armazenada na empresa através de galões. Cada galão armazena 70l da espuma mecânica em líquido concentrado. O líquido concentrado deve ser diluído em água, na proporção 1:10. A empresa fornecedora da espuma mecânica requer um lote de compra mínimo de 70 l ou 1 galão. A empresa normalmente armazena dois galões. O ponto do pedido ocorre quando há somente um galão de espuma mecânica na empresa. O responsável pela compra do conteúdo emite pedidos com a compra de mais um galão. A empresa fornecedora possui um *lead time* de fornecimento de 10 dias úteis.

A tabela 1 apresenta um resumo com os principais parâmetros do método atual de compra e gestão de estoque dos materiais (conteúdos) adotado pela empresa selecionada.

Tabela 1- Resumo dos parâmetros de compra e estoque dos materiais (conteúdos) do método atual.

	CO2	Água	Pó Químico BC	Pó Químico ABC	Espuma Mecânica
Capacidade Máxima de Armazenamento	4200 kg	-	10.000 kg	1.000 kg	140 l*
Lote de Compra Mínimo	1000 kg	-	1.000 kg	100 kg	70 l*
Pedido de Compra	2000 kg	-	2.000 – 5.000 kg	100 – 200 kg	70 l*
Ponto do Pedido	500 kg	-	800 – 1.000 kg	150 – 200 kg	70 l*
Lead Time de Entrega	5 dias úteis	-	5 dias úteis	5 dias úteis	10 dias úteis

*quantidade a ser diluída com água na proporção 1:10

6 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Conforme descrito nos capítulos anteriores, o objeto deste trabalho será composto pela aplicação de métodos para gestão de estoque e compra de materiais na empresa selecionada, de forma a permitir uma análise sobre a eficiência destes através dos gastos acumulados com a compra de cada material.

Para a aplicação e análise dos métodos de gestão de estoque e compras propostos na empresa selecionada, escolheu-se os materiais (conteúdos) devido à alta representatividade, em relação à composição dos custos totais dos extintores remanufaturados, apresentada na figura 6. Já os materiais básicos, como não possuem alto valor agregado e são comprados em grande quantidade, não apresentaram a necessidade de serem controlados através de métodos de gestão de estoque e compras.

Para a proposição e aplicação de métodos para gestão de estoque e compras, foram seguidas algumas etapas ao qual estão apresentadas na figura 10. Esses passos foram requeridos a fim de estabelecer um procedimento metodológico sequencial.

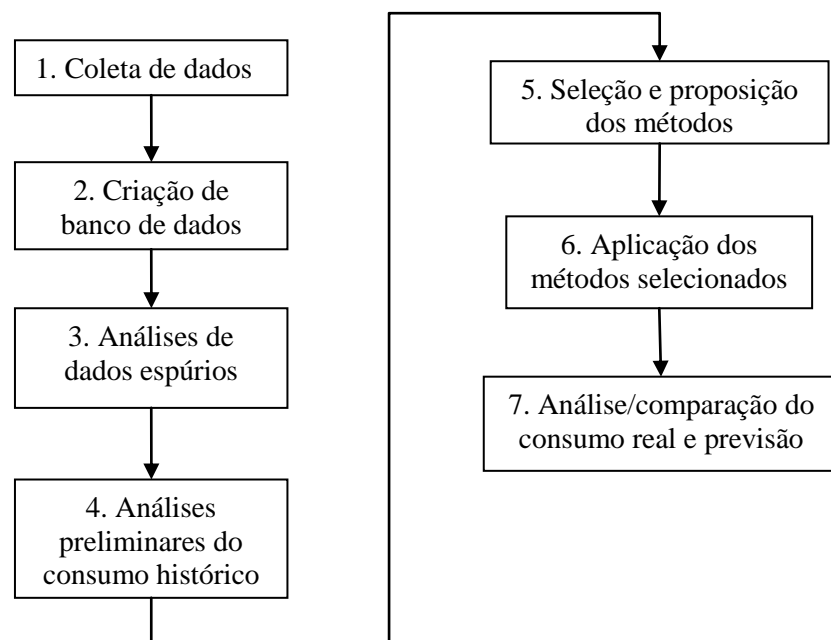


Figura 10- Etapas para proposição e aplicação de métodos de gestão de estoque e compra de materiais na empresa selecionada

Conforme figura 10, a primeira etapa constituiu na coleta de dados que teve como objetivo alimentar as análises posteriores. Após, para consolidar e facilitar a disponibilidade desses dados, a segunda etapa contemplou a criação de um banco de dados com a finalidade de agrupar os dados de consumo dos materiais (conteúdos), de forma que esse estivesse facilmente disponível. A secção 6.1 descreve o procedimento realizado para esses passos.

O terceiro passo constituiu na análise de dados espúrios, que é uma análise relativa a erros encontrados nos dados coletados e que podem ser causados por falhas humanas ou tecnológicas. Além disso, segundo Pellegrini e Fogliatto (2001), valores espúrios podem ser causados por erros de digitação, falta de produtos, promoções esporádicas, variações no mercado financeiro, entre outros. A secção 6.2 descreve o processo realizado para esse passo.

O quarto passo consistiu na análise exploratória dos dados da série histórica de consumo em cada material (conteúdo). Essa etapa foi necessária considerando que as observações consistiam em dados brutos, sem nenhum tipo de tratamento. Com essa análise preliminar, pode-se compreender o comportamento destes dados quanto a picos, vales, faltas, tendências, no que diz respeito aos dados de consumo, e que com isso, pode sugerir métodos de gestão de estoques e compra de materiais assim como modelos para previsão de demanda. A secção 6.3 detalha o procedimento realizado para esse passo, em cada material analisado.

O quinto e sexto passo, constituiu na seleção, proposição e aplicação de métodos de gestão de estoque e compra de materiais na empresa selecionada. As secções 6.4 a 6.7 detalham o procedimento realizado para a proposição e aplicação desses métodos.

O último passo contemplou as análises comparativas entre o consumo real dos materiais e a previsão dos modelos de gestão de estoque e compras sugeridos. Esse passo tem como finalidade a verificação do ajuste dos métodos ao consumo real no período previsto. A secção 6.8 detalha o procedimento realizado para essa análise.

6.1 Coleta e criação de banco de dados

A coleta de dados, que teve como finalidade selecionar a amostra de trabalho, consistiu na extração destes através da base de dados disponibilizada pelo programa utilizado pelo departamento comercial da empresa. Os dados extraídos referiam-se a demanda de cada produto por período. Não havia dados ou controle do consumo histórico dos materiais na empresa.

Para calcular a quantidade de materiais (conteúdo) utilizados pela empresa durante o período da amostra de trabalho, foi necessário calcular o consumo de cada material por produto, de acordo com a demanda obtida em cada período. Com os cálculos, os dados obtidos referiam-se ao histórico mensal do consumo de cada material (conteúdo) que compreendem o período de maio de 2009 a dezembro de 2014, totalizando 68 observações. A quantidade de dados foi limitada à disponibilidade dos bancos de dados da fonte de origem.

Os dados foram calculados na base mensal, para apoiar a aplicação dos métodos cujos pedidos deverão ser realizados em frequência mensal.

Após os dados coletados, um banco de dados foi criado e implementado através de planilhas eletrônicas, onde se encontra o consumo de cada material (conteúdo) em cada período separadas por produto. O uso de planilhas eletrônicas para a criação do banco de dados ocorreu para facilitar o acesso aos dados pelos funcionários e permitir fácil e intuitiva atualização dos dados futuros.

6.2 Análises de Dados Espúrios

Como segundo passo para a análise das séries dos materiais (conteúdos), como forma de verificar a acuracidade dos dados, primeiramente foi identificado os possíveis valores espúrios nas séries históricas do consumo de materiais, através de uma análise detalhada dos dados.

Foram detectadas 20 observações com a presença de dados espúrios, o que corresponde a 5,88% das observações totais coletadas. Detectou-se os seguintes erros nas séries: de digitação, problemas no sistema utilizado internamente pela empresa e falta de treinamento de

operadores. Os dados errôneos foram substituídos pelos correspondentes no caso de erros no sistema. Nos outros erros detectados, os dados errôneos foram substituídos por estimativa.

A tabela 2 apresenta os dados espúrios detectados, como foram identificados, e por quais valores foram substituídos.

Tabela 2- Dados espúrios detectados

Dados espúrios detectados				Como foi detectado o dado espúrio?	Razão do dado espúrio
Período	Material (conteúdo)	Valor Real	Valor substituído		
jun/09	CO2 (em kg)	13360	1336	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jun/09	Água (em l)	24400	2440	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jun/09	Pó Químico BC (em kg)	28850	2885	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jun/09	Espuma Mecânica (em l)	1110	111	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jun/09	Pó Químico ABC (em kg)	1440	144	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jul/09	CO2 (em kg)	13140	1314	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jun/10	CO2 (em kg)	2628	1248	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal, seguido de demanda muito inferior no próximo período da série	Erro interno do sistema
jun/10	Água (em l)	5930	3245	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal, seguido de demanda muito inferior no próximo período da série	Erro interno do sistema
jun/10	Pó Químico BC (em kg)	5596	2977	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal, seguido de demanda muito inferior no próximo período da série	Erro interno do sistema
jun/10	Espuma Mecânica (em l)	312	176	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal, seguido de demanda muito inferior no próximo período da série	Erro interno do sistema
jun/10	Pó Químico ABC (em kg)	256	148	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal, seguido de demanda muito inferior no próximo período da série	Erro interno do sistema
jul/10	CO2 (em kg)	10	1390	Demanda muito inferior a demanda média mensal com demanda aprox. de 2 vezes superior no período anterior a série	Erro interno do sistema
jul/10	Água (em l)	30	2715	Demanda muito inferior a demanda média mensal com demanda aprox. de 2 vezes superior no período anterior a série	Erro interno do sistema
jul/10	Pó Químico BC (em kg)	0	2619	Demanda muito inferior a demanda média mensal com demanda aprox. de 2 vezes superior no período anterior a série	Erro interno do sistema
jul/10	Espuma Mecânica (em l)	19	155	Demanda muito inferior a demanda média mensal com demanda aprox. de 2 vezes superior no período anterior a série	Erro interno do sistema
jul/10	Pó Químico ABC (em kg)	0	108	Demanda muito inferior a demanda média mensal com demanda aprox. de 2 vezes superior no período anterior a série	Erro interno do sistema
nov/11	Pó Químico BC (em kg)	13457	3557	Demanda aprox. 10 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jul/12	Espuma Mecânica (em l)	567	117	Demanda aprox. 4 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
jul/13	Espuma Mecânica (em l)	445	201	Demanda aprox. 2 vezes superior a demanda mensal habitual da série	Erro de digitação do operador
ago/13	Água (em l)	0	3315	Demanda muito inferior a demanda média mensal (demanda zerada)	Erro interno do sistema

Dados fora dos padrões da série analisada, que poderiam ser resultantes de eventos particulares como promoção esporádica ou falta de produtos, foram mantidos afim de que se tenham os modelos de gestão de estoque e compras que reflitam o cenário real da empresa.

Os dados dos materiais (conteúdos) sem o tratamento de dados espúrios encontram-se na tabela A1 no anexo A. Os dados da série histórica de consumo dos materiais, após o tratamento dos dados espúrios detectados encontram-se na tabela B1 no Anexo B.

6.3 Análises preliminares do consumo histórico dos materiais

Essa etapa consistiu em analisar os padrões, as relações e as estruturas comportamentais do conjunto de observações coletadas. Para isso, realizou-se em cada material, a análise exploratória, através das estatísticas descritivas anuais, totais e dos gráficos dos dados da série histórica de consumo.

A seguir apresentaremos as análises exploratórias de cada material.

- **CO2**

A tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas anuais e totais da série histórica de consumo da material CO2 na empresa selecionada.

Ao analisar a tabela 3, percebe-se que a série possui aumento da variância e do desvio padrão nos anos de 2010 e 2014. Essa estrutura comportamental da série é melhor reconhecida na figura 11. A figura 11 apresenta o gráfico da série histórica do consumo do material CO2, onde podemos observar além da presença de variabilidade da série principalmente nos anos de 2010 e 2014, uma leve tendência de crescimento, indicada pela linha vermelha do gráfico. Os aumentos da variância e do desvio padrão nos anos de 2010 e 2014 ocorreram devido à forte queda de consumo do material seguido de um seqüente crescimento, ao qual é indicada pela área pontilhada da figura 11, e que conforme tabela 3, não alterou a média anual nesses períodos. A empresa não soube informar os motivos desses

eventos. O valor mínimo encontrado na série foi no ano de 2010 com 957 kg e o valor máximo foi de 1814 kg, no ano de 2014. A média total encontrada foi de 1296,4 kg.

Tabela 3- Análise descritiva anual do material CO2 (kg)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Mínimo	1197	957	1178	1072	1086	1178	957
Máximo	1407	1509	1433	1311	1465	1814	1814
Média	1308,8	1264,3	1320,2	1197,1	1320,5	1371,7	1296,4
Variância	5825,1	39439,0	5498,9	6597,9	11041,4	40401,7	20704,4
Desvio Padrão	76,3	198,6	74,2	81,2	105,1	201,0	143,9
Total	10470	15172	15842	14365	15846	16460	88155

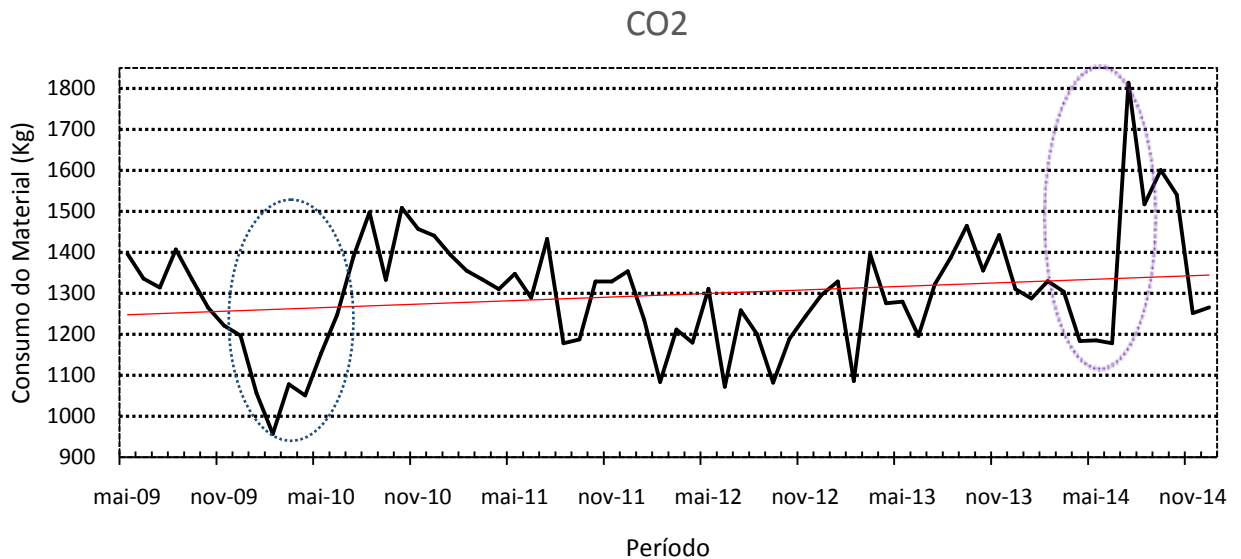


Figura 11- Dados históricos de consumo do material CO2 em kg da empresa estudada.

- **Água**

A tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas anuais e totais da série histórica de consumo da material água na empresa selecionada.

Ao analisar a tabela 4, percebe-se que a série possui uma tendência crescente, observado pelo crescimento contínuo do valor da média anual dos dados, assim como aumento da variância e do desvio padrão nos anos de 2010 e 2011. Essas estruturas

comportamentais da série podem ser reconhecidas na figura 12. A figura 12 apresenta o gráfico da série histórica do consumo do material água, onde podemos observar a tendência de crescimento, indicada pela linha vermelha do gráfico. O aumento da variância e do desvio padrão nos anos de 2010 e 2011 ocorreram devido à forte queda de consumo do material seguido de um seqüente crescimento, ao qual é indicada pela área pontilhada da figura 12. A empresa não soube informar os motivos desses eventos. O valor mínimo encontrado na série foi no ano de 2011 com 2420 l e o valor máximo foi de 4360 l, no ano de 2014. A média total encontrada foi de 3281,1 l.

Tabela 4- Análise descritiva anual do material água (l)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Mínimo	2440	2440	2420	2910	3175	3395	2420
Máximo	3145	3545	3725	3840	3975	4360	4360
Média	2875,6	2971,3	3261,3	3176,7	3565,0	3701,7	3281,1
Variância	62274,6	149655,1	141805,1	57219,7	66795,5	79915,2	172804,4
Desvio Padrão	249,5	386,9	376,6	239,2	258,4	282,7	415,7
Total	23005	35655	39135	38120	42780	44420	223115

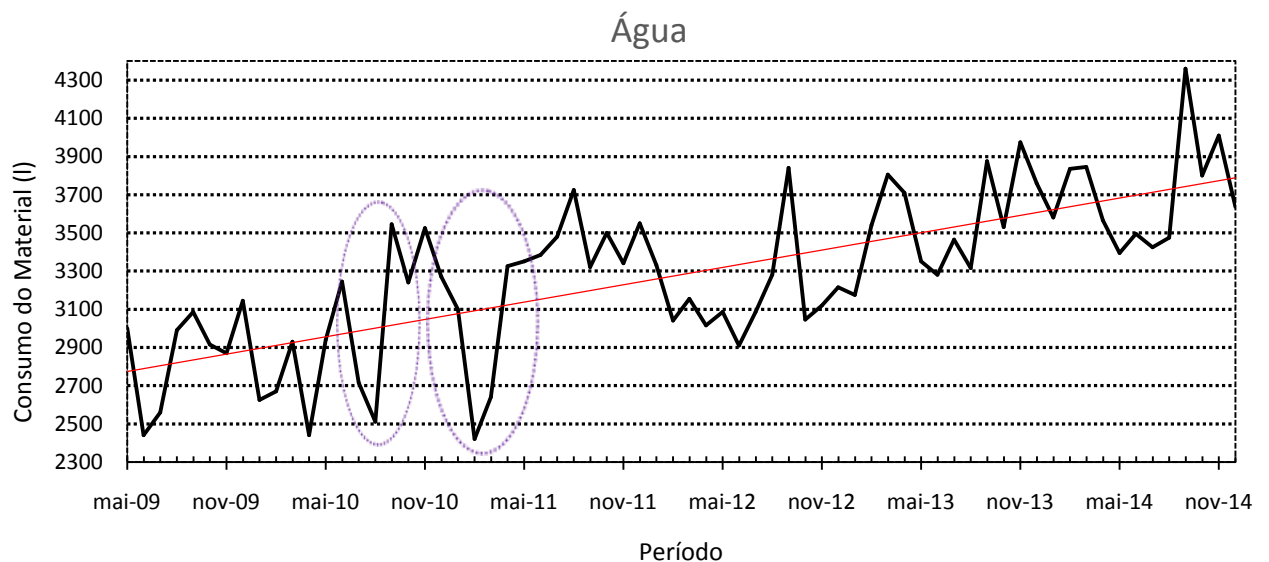


Figura 12- Dados históricos de consumo do material água em litros da empresa estudada.

- **Pó Químico BC**

A tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas anuais e totais da série histórica de consumo da material pó químico BC na empresa selecionada.

Ao analisar a tabela 5, podemos perceber um aumento da variância e do desvio padrão nos anos de 2010 e 2012. Essa estrutura comportamental da série é melhor reconhecida na figura 13. A figura 13 apresenta o gráfico da série histórica do consumo do material pó químico BC, onde podemos observar uma leve tendência de crescimento, indicada pela linha vermelha do gráfico. O valor mínimo encontrado na série foi no ano de 2010 com 2398 kg e o valor máximo foi de 3944 kg, no ano de 2012. A média total encontrada foi de 3267,6 kg.

Tabela 5- Análise descritiva anual do material Pó Químico BC (kg)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Mínimo	2848	2398	2968	2976	2899	3140	2398
Máximo	3297	3291	3670	3944	3664	3864	3944
Média	3058,9	2928,5	3369,8	3350,8	3287,9	3540,3	3267,6
Variância	29401,6	91740,8	54621,6	80265,1	50017,7	49639,2	98946,9
Desvio Padrão	171,5	302,9	233,7	283,3	223,6	222,8	314,6
Total	24471	35142	40438	40210	39455	42484	222200

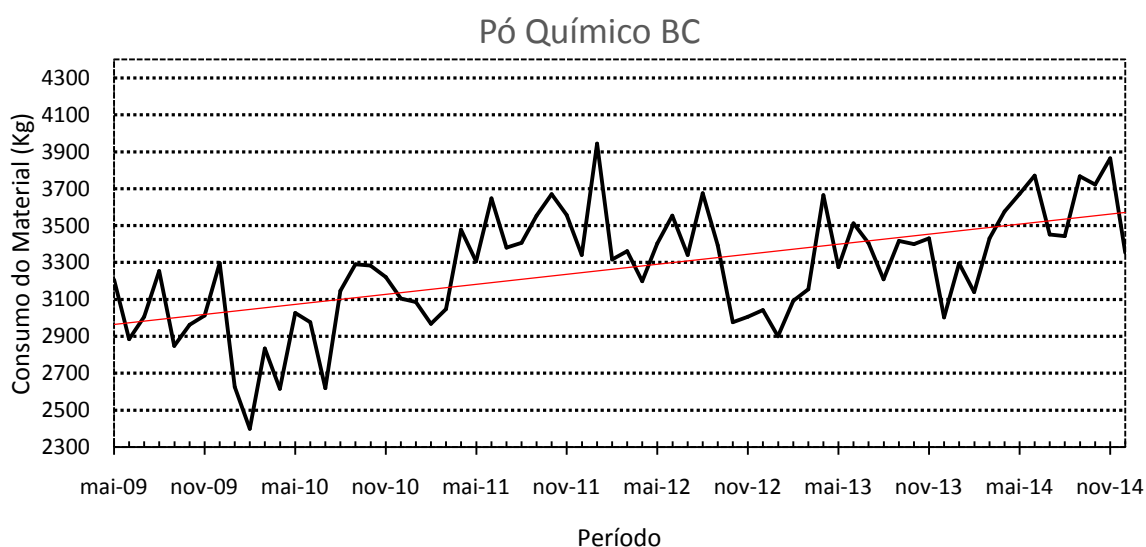


Figura 13- Dados históricos de consumo do material pó químico BC em kg da empresa estudada.

- **Espuma Mecânica**

A tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas anuais e totais da série histórica de consumo da material espuma mecânica na empresa selecionada.

Ao analisar a tabela 6, percebe-se um aumento da variância e do desvio padrão no ano de 2013. Essas estruturas comportamentais da série podem ser melhor reconhecidas na figura 14. A figura 14 apresenta o gráfico da série histórica do consumo do material espuma mecânica, onde podemos observar à aparente estacionariedade da série, indicada pela linha vermelha do gráfico, e um aumento no consumo do material durante todo o ano de 2013. Esse aumento no consumo durante o ano de 2013 provocou o aumento na variância e do desvio padrão nesse ano evidenciado na tabela 6. A empresa não soube informar os reais motivos do aumento do consumo desse material durante o ano de 2013, mas sugere que o fatídico incêndio ocorrido na boate Kiss em janeiro de 2013, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, matando e ferindo centenas de pessoas (WIKIPEDIA, 2015) pode ter favorecido, durante esse ano, o aumento do volume de vendas dos produtos que utilizam esse material. O valor mínimo encontrado na série foi no ano de 2012 com 98 l e o valor máximo foi de 296 l, no ano de 2013. A média total encontrada foi de 150,5 l.

Tabela 6- Análise descritiva anual do material Espuma Mecânica (l)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Mínimo	101	127	112	98	173	102	98
Máximo	136	209	153	150	296	154	296
Média	121,3	175,2	132,5	117,4	221,9	125,2	150,5
Variância	132,8	560,2	209,2	260,4	1368,4	306,9	1951,6
Desvio Padrão	11,5	23,7	14,5	16,1	37,0	17,5	44,2
Total	970	2102	1590	1409	2663	1502	10236

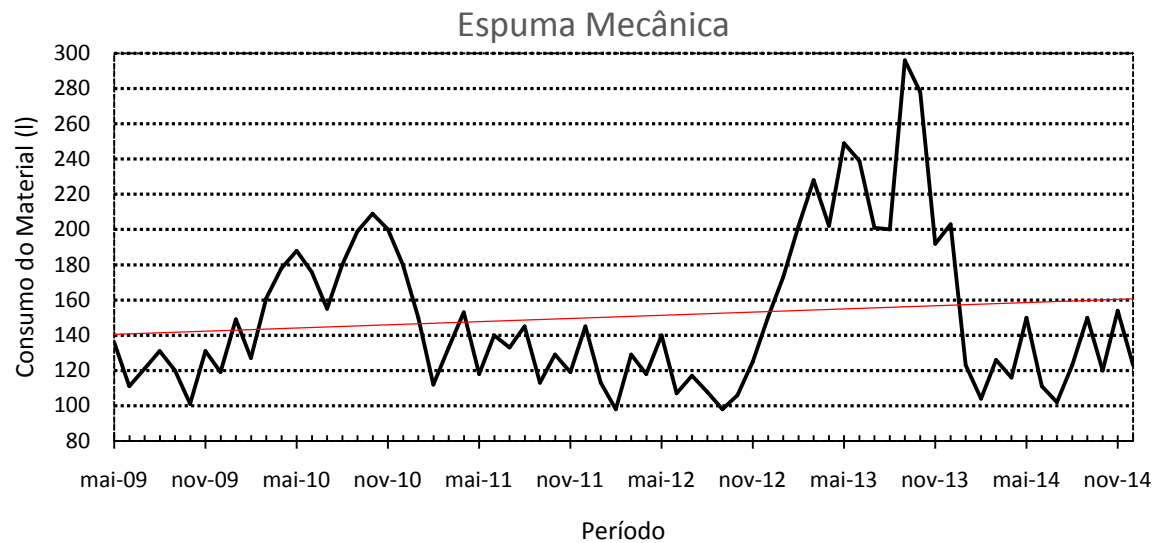


Figura 14- Dados históricos de consumo do material espuma mecânica em l da empresa estudada.

- **Pó Químico ABC**

A tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas anuais e totais da série histórica de consumo da material pó químico ABC na empresa selecionada.

Ao analisar a tabela 7, percebe-se o aumento da variância e do desvio padrão no ano 2012. Essa estrutura comportamental da série é melhor reconhecida na figura 15. A figura 15 apresenta o gráfico da série histórica do consumo do material pó químico BC, onde podemos observar uma leve tendência de crescimento, indicada pela linha vermelha do gráfico e uma súbita mudança do volume de consumo a partir de junho de 2012 até junho de 2013 indicada pela área pontilhada. A empresa informou que durante esse período realizou uma promoção, abaixando os preços de venda desse produto, para normalizar o estoque do material e incentivar a venda e consumo dos produtos com esse conteúdo. Essa promoção alavancou as vendas durante esse período. O valor mínimo encontrado na série foi no ano de 2011 com 20 kg e o valor máximo foi de 236 kg, no ano de 2012. A média total encontrada foi de 140,5 kg.

Tabela 7- Análise descritiva anual do material Pó Químico ABC

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total
Mínimo	92	108	20	50	116	116	20
Máximo	180	184	137	236	220	218	236
Média	141,3	139,3	80,0	149,7	169,8	163,4	140,5
Variância	856,2	362,6	1853,6	5343,0	1316,8	1032,4	2634,4
Desvio Padrão	29,3	19,0	43,1	73,1	36,3	32,1	51,3
Total	1130	1672	960	1796	2037	1961	9556

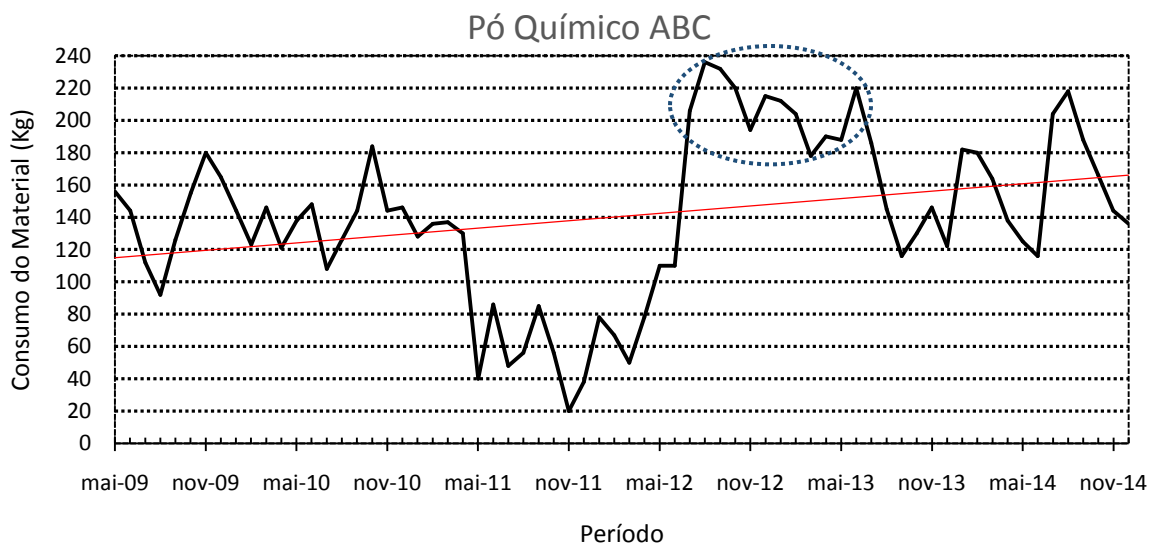


Figura 15- Dados históricos de consumo do material pó químico ABC em kg da empresa estudada.

As análises realizadas nos materiais sugerem que apesar de haver intervalos específicos nas séries históricas, em que a variância e o desvio padrão são elevados, muitos dos quais justificados por eventos específicos, as séries históricas do consumo mantêm uma regularidade e até uma previsibilidade nos dados. Se observarmos que o setor de remanufatura tem como característica a incerteza do retorno de materiais e produtos e a grande variância nas demandas (STINDT; SAHAMIE, 2014), as séries apresentadas desses materiais diferem nesses pontos, não apresentando alto grau de incerteza e irregularidade.

Em relação à previsão de demanda ou consumo, há diversos modelos matemáticos específicos na literatura para prever o retorno desses materiais em ambientes de remanufatura. Porém, as características das séries históricas de consumo dos materiais analisadas revelaram

particularidades distintas, como a previsibilidade do retorno de materiais. Isso pode sugerir a adoção de modelos mais comuns e não tão específicos para previsão do consumo dos materiais na empresa.

6.4 Modelos de Gestão de Estoque e Compra de Materiais

Baseados nas análises preliminares do consumo histórico dos materiais foram propostos três métodos para gestão de materiais e estoque que foram aplicados ao caso. A seguir, iremos apresentar brevemente as proposições e em seguida demonstraremos as aplicações dessas proposições para previsão do consumo dos materiais (conteúdos) no período de janeiro de 2015.

- **Proposição 1 – Modelo PREVCONS**

O modelo de previsão do consumo (PREVCONS) propõe a utilização de modelos matemáticos para previsão do consumo do material como *input* para a compra dos materiais. A figura 16 apresenta a proposição metodológica a ser seguida para o modelo PREVCONS.

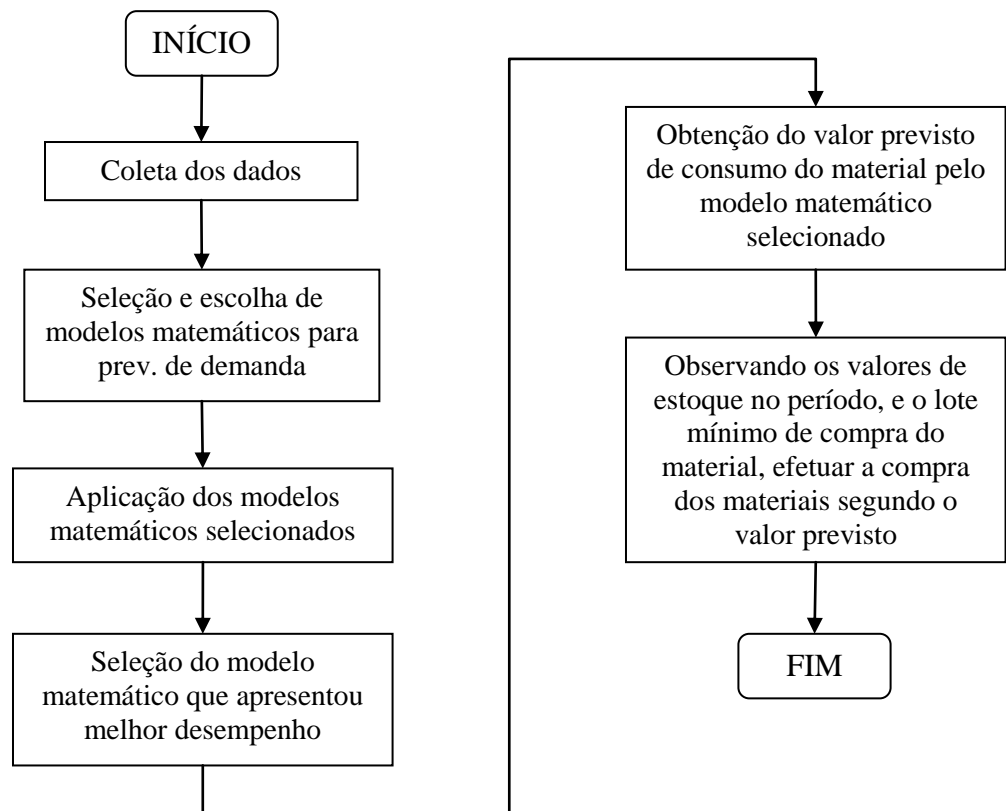


Figura 16- Proposição metodológica para a implementação do modelo PREVCONS.

Conforme figura 16, o modelo inicia-se com a coleta dos dados históricos do consumo dos materiais, seguido da seleção e aplicação de modelos matemáticos para previsão de demanda do material aos dados históricos coletados. Após a aplicação dos modelos selecionados para previsão de demanda, elegemos o modelo que apresentou o melhor desempenho segundo critérios definidos. Esses critérios podem ser medidas estatísticas de desempenho, critérios de informação, entre outros. Selecionado o melhor modelo para previsão de demanda obtemos o valor da previsão de consumo do material para o período estipulado. Por fim, com o valor da previsão para o material, observando os valores no estoque no período e o lote mínimo de compra realiza-se a compra do material.

- **Proposição 2 – Modelo PREDPREV**

O modelo de predição/previsão do consumo (PREDPREV) propõe a utilização de modelos matemáticos para previsão do consumo do material mais a predição do especialista como *input* para a compra dos materiais em determinado período. A figura 17 apresenta a proposição metodológica a ser seguida para o modelo PREDPREV.

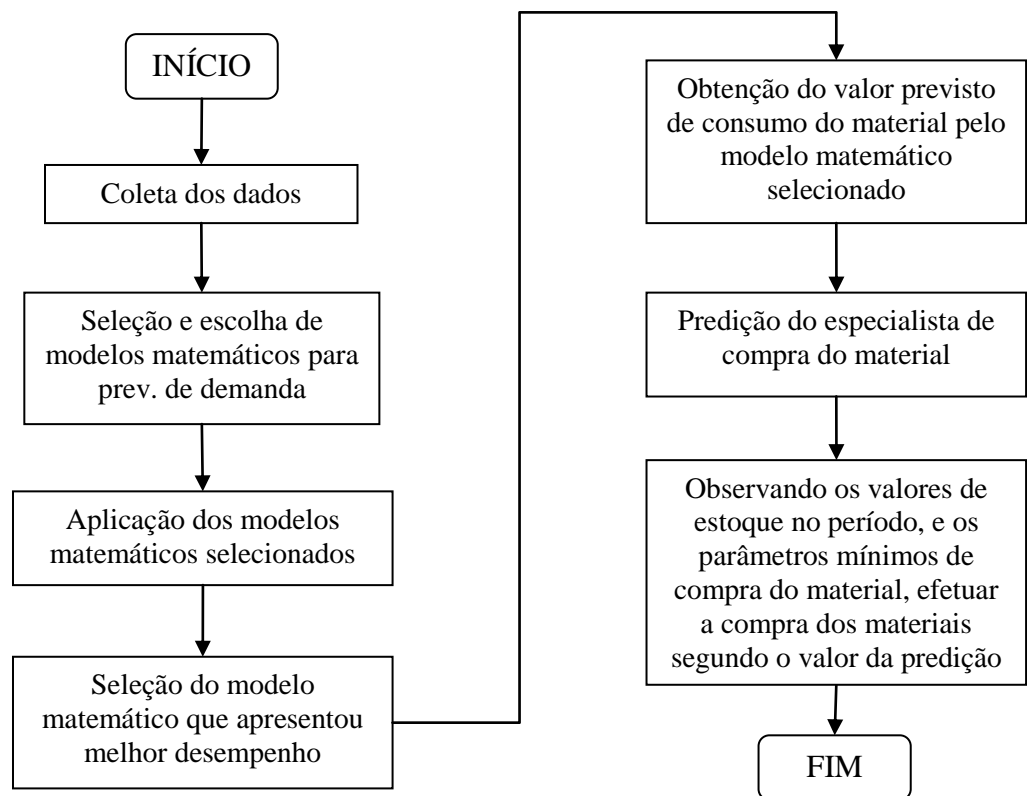


Figura 17- Proposição metodológica para a implementação do modelo PREDPREV.

Conforme figura 17, percebemos que a diferença entre o modelo PREDPREV e o modelo PREVCONS está na inclusão de uma predição dos valores de consumo do material sugerida por um especialista na compra de materiais na empresa. O especialista possui como auxílio os valores de previsão de consumo fornecida pelos modelos matemáticos. A vantagem desse modelo é que informações privilegiadas ou sigilosas, como previsão de aumento de consumo de certos clientes, mudança de cenários econômicos, entre outros, podem ser incorporados na previsão de consumo dos materiais. Esses eventos que muitas vezes são de conhecimento prévio do especialista, na maioria das vezes não conseguem ser capturados pelos modelos matemáticos de previsão. Os valores de compra do material, observados o

valor de estoque no período e o lote mínimo de compra são realizadas baseadas nos valores da predição.

- **Proposição 3 – Modelo CONT_REV**

O modelo de revisão contínua (CONT_REV) é o modelo de revisão contínua do estoque, método utilizado atualmente na empresa. O modelo de revisão contínua é atribuído a observação dos níveis de estoque em níveis contínuos e quando a quantidade do material disponível na empresa está em determinado nível é pedido outra quantidade de material. A diferença entre o método utilizado atualmente pela empresa, e o sugerido, está na revisão dos parâmetros de compra e de ponto do pedido através da análise histórica do consumo do material e de lead time de entrega. A figura 18 apresenta a proposição metodológica a ser seguida para o modelo CONT_REV.

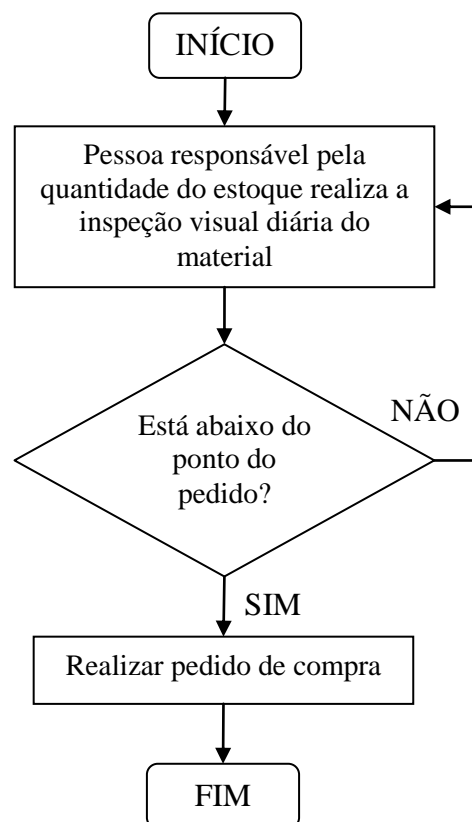


Figura 18- Proposição metodológica para a implementação do modelo CONT_REV.

Devido à regularidade das séries discutidas nas análises preliminares de consumo do material, como novos parâmetros para lote de compra, no modelo CONT_REV foi proposto à utilização do valor médio mais o desvio padrão do consumo apresentado na série histórica de consumo de cada material do último ano, salvo a condição de lote de compra mínimo do material. Para ponto do pedido, sugeriu-se manter os valores já praticados atualmente pela empresa.

6.5 Aplicação da proposição 1 (modelo PREVCONS)

A seguir será apresentado a aplicação da proposição 1 (Modelo PREVCONS) aos materiais (conteúdos) da empresa estudada.

Conforme as análises preliminares de consumo histórico do material, referente à adoção de modelos mais comuns e não tão específicos para previsão de demanda, foram selecionados os modelos ARIMA, suavização exponencial, médias móveis, regressão linear e modelos simples (previsão ingênua). Os testes entre os métodos totalizaram 63 modelos diferentes para previsão de demanda, sendo 44 modelos ARIMA (e SARIMA), 7 modelos de médias móveis, 1 modelo simples, 5 regressões lineares e 5 suavizações exponenciais. A opção de escolha por esses modelos ocorreu devido à popularidade e facilidade de acesso. As descrições dos modelos selecionados para previsão de demanda nessa proposição encontram-se na tabela C1 no anexo C. A seleção manual dos modelos de previsão de demanda para cada material (conteúdo) considerou os critérios de ajustes BIC e R^2 e os valores absolutos MAE, MAPE e RMSE. Os valores absolutos foram medidos desde o período inicial da série, não considerando períodos de inicialização e validação.

Referente aos parâmetros que serão exigidos nas aplicações dos modelos matemáticos de previsão, temos que o período em que a previsão é solicitada, de acordo com o lead time de entrega, corresponde a um mês (o lead time de entrega máximo encontrado nos materiais (conteúdos) é de 10 dias). Já o horizonte de previsão, que corresponde ao número de períodos futuros que serão cobertos pela previsão, é também para um mês. Esses são os períodos ideais pela empresa para que se consiga se adequar frente às oscilações de demanda. O nível de serviço a ser considerado, de acordo com a empresa, é de 95% de confiabilidade.

As séries históricas do consumo dos materiais (conteúdos) foram analisadas e preditas com o auxílio dos pacotes computacionais Forecast Pro XE vs. 6 de forma manual. Embora o software Forecast Pro XE VS. 6 utilizado já desenvolva a seleção de modelos de previsão de forma automática, optou-se por efetuar a seleção de forma manual a fim de melhorar a acuracidade dos modelos selecionados.

6.5.1 Seleção dos modelos matemáticos para previsão de demanda

A seguir apresentaremos através da aplicação dos modelos matemáticos, os resultados obtidos com a seleção, escolha e previsão de consumo dos materiais (conteúdos).

- **CO2**

As informações sobre o modelo matemático selecionado para previsão de consumo do material CO2 e o valor previsto encontram-se na tabela 8. A figura 19 apresenta a série de dados do produto juntamente com os valores preditos da demanda e os limites de confiança através do modelo selecionado.

Tabela 8- Modelo selecionado para previsão de consumo do material CO2.

Modelo	Parâmetros	MAPE (%)	MAE (Unid.)	RMSE	R²	BIC	Previsão (janeiro/2015)
ARIMA(1,0,0)	$\theta_1 = 0,5141$	6,64	85,8	122,37	0,27	126,23	1281 kg

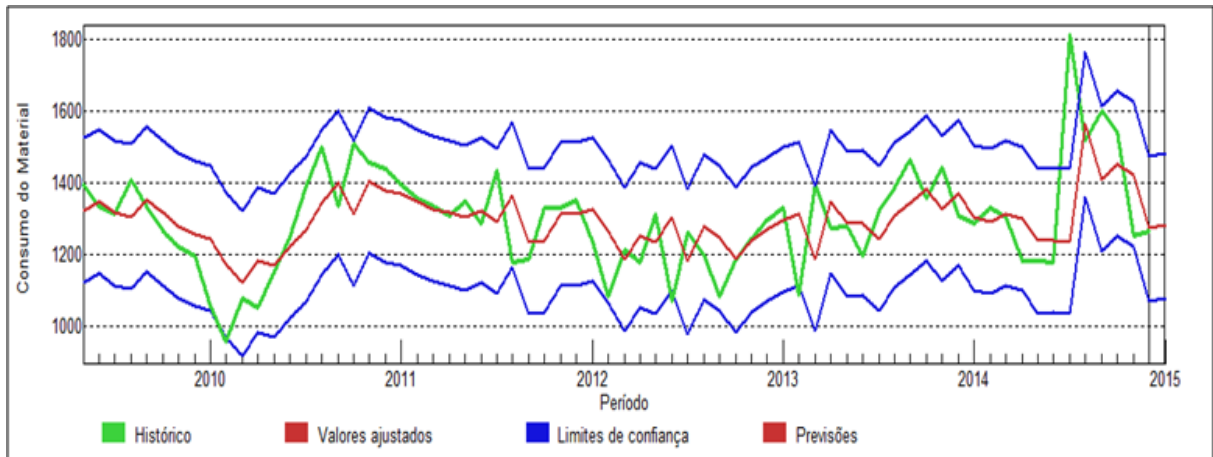


Figura 19- Dados históricos do consumo do material CO2 (em kg) e o modelo selecionado.

O modelo selecionado apresentou um ajustamento fraco à série de dados se analisarmos o valor de R^2 . Porém o valor encontrado em MAPE está adequado, e quando analisamos os limites de confiança projetado pelo modelo, através da figura 19, observamos que houve poucos dados que estão fora desses limites, o que reforça a escolha desse modelo para seleção.

- **Água**

As informações sobre o modelo matemático selecionado para previsão de consumo do material água e o valor previsto encontram-se na tabela 9. A figura 20 apresenta a série de dados do produto juntamente com os valores preditos da demanda e os limites de confiança através do modelo selecionado.

Tabela 9- Modelo selecionado para previsão de consumo do material água.

Modelo	Parâmetros	MAPE (%)	MAE (Unid.)	RMSE	R^2	BIC	Previsão (janeiro/2015)
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	$\phi_1=0,442$ $\theta_1=0,996$ $\Phi_1=0,992$ $\Theta_1=-0,879$	6,47	204,08	257,21	0,61	291,2	35261

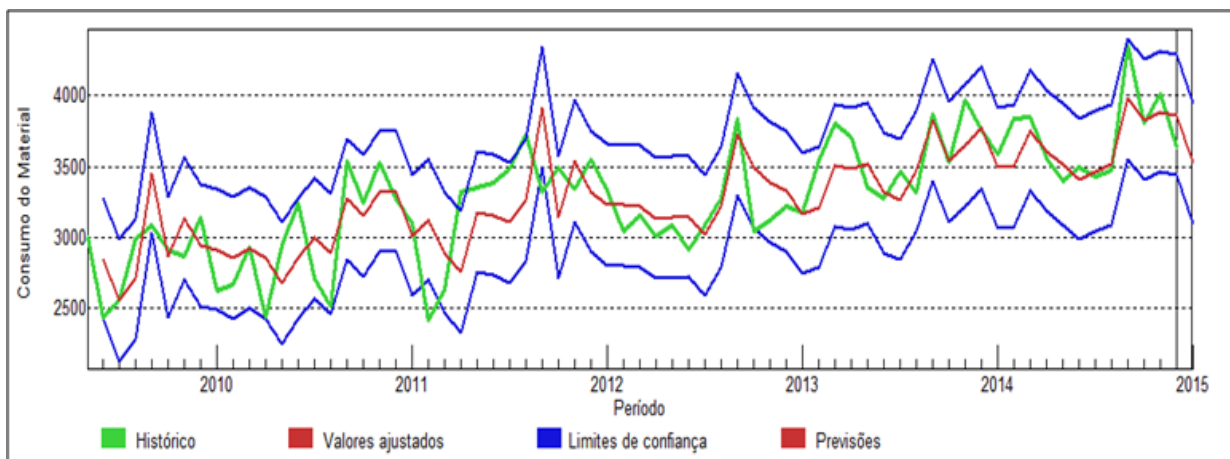


Figura 20- Dados históricos do consumo do material água (em l) e o modelo selecionado.

O modelo selecionado apresentou um ajustamento adequado à série de dados, verificado pelo valor encontrado em R^2 e em MAPE. Quando analisamos os limites de confiança projetado pelo modelo, através da figura 20, observamos que houve poucos dados que estão fora desses limites, o que reforça a escolha desse modelo para seleção.

- **Pó químico BC**

As informações sobre o modelo matemático selecionado para previsão de consumo do material pó químico BC e o valor previsto encontram-se na tabela 10. A figura 21 apresenta a série de dados do produto juntamente com os valores preditos da demanda e os limites de confiança através do modelo selecionado.

Tabela 10- Modelo selecionado para previsão de consumo do material pó químico BC

Modelo	Parâmetros	MAPE (%)	MAE (Unid.)	RMSE	R^2	BIC	Previsão (janeiro/2015)
SARIMA(0,1,1)(1,1,1)	$\theta_1=0,658$ $\Phi_1=-0,294$ $\Theta_1=0,783$	3,98	133,17	192,33	0,62	211,09	3499 kg

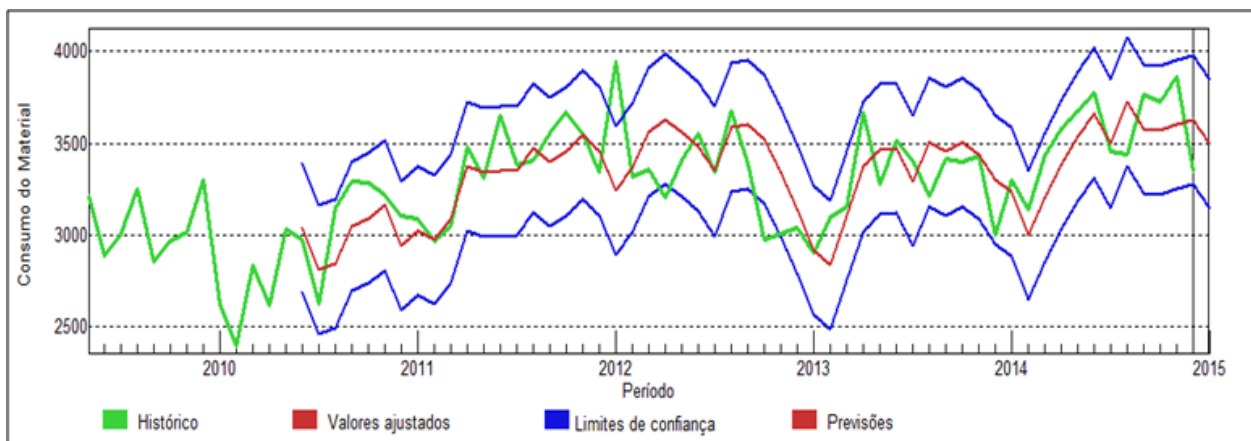


Figura 21- Dados históricos do consumo do material pó químico BC (em kg) e o modelo selecionado.

O modelo selecionado apresentou um ajustamento adequado à série de dados, verificado pelo valor encontrado em R^2 . O valor encontrado em MAPE foi baixo. Houve dificuldade de ajustamento da série aos modelos selecionados observado pelos dados que estão fora dos limites do intervalo de confiança apresentado pelo modelo.

- **Espuma Mecânica**

As informações sobre o modelo matemático selecionado para previsão de consumo do material espuma mecânica e o valor previsto encontram-se na tabela 11. A figura 22 apresenta a série de dados do produto juntamente com os valores preditos da demanda e os limites de confiança através do modelo selecionado.

Tabela 11- Modelo selecionado para previsão de consumo do material espuma mecânica.

Modelo	Parâmetros	MAPE (%)	MAE (Unid.)	RMSE	R^2	BIC	Previsão (janeiro/2015)
ARIMA(0,1,0)	-	16,22	23,63	29,11	0,56	29,11	1231

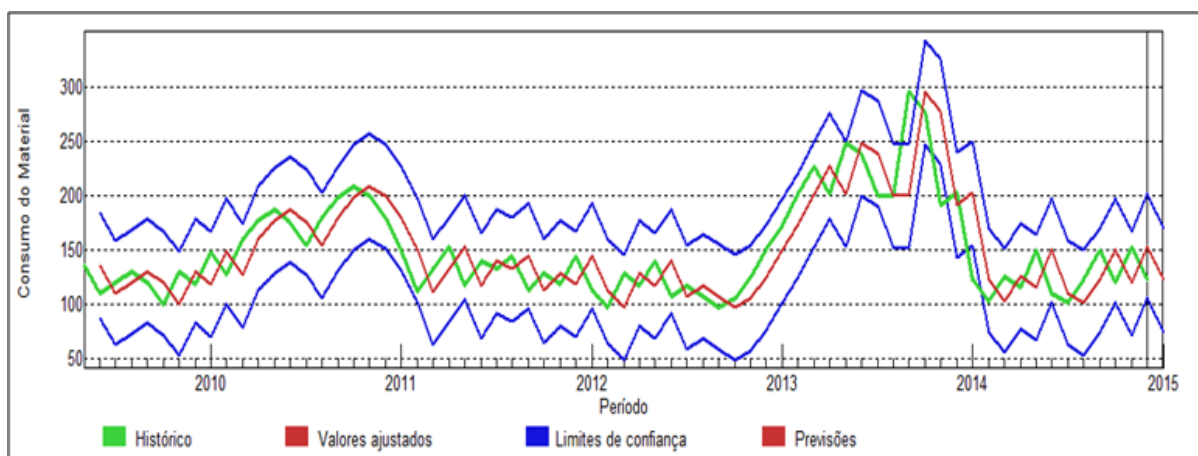


Figura 22- Dados históricos do consumo do material espuma mecânica (em l) e o modelo selecionado.

O modelo selecionado apresentou um ajustamento adequado à série de dados, verificado pelo valor encontrado em R^2 . O valor encontrado em MAPE foi alto devido ao baixo valor numérico da série. Observando o intervalo de segurança previsto pelo modelo, verificamos que só há valores históricos fora desse intervalo durante o ano de 2013, onde houve um aumento da demanda.

- **Pó Químico ABC**

As informações sobre o modelo matemático selecionado para previsão de consumo do material pó químico ABC e o valor previsto encontram-se na tabela 12. A figura 23 apresenta a série de dados do produto juntamente com os valores preditos da demanda e os limites de confiança através do modelo selecionado.

Tabela 12- Modelo selecionado para previsão de consumo do material pó químico ABC

Modelo	Parâmetros	MAPE (%)	MAE (Unid.)	RMSE	R^2	BIC	Previsão (janeiro/2015)
Suav. Exp. Simples	$\alpha = 0,962$	23,91	24,04	30,72	0,64	31,69	136 kg

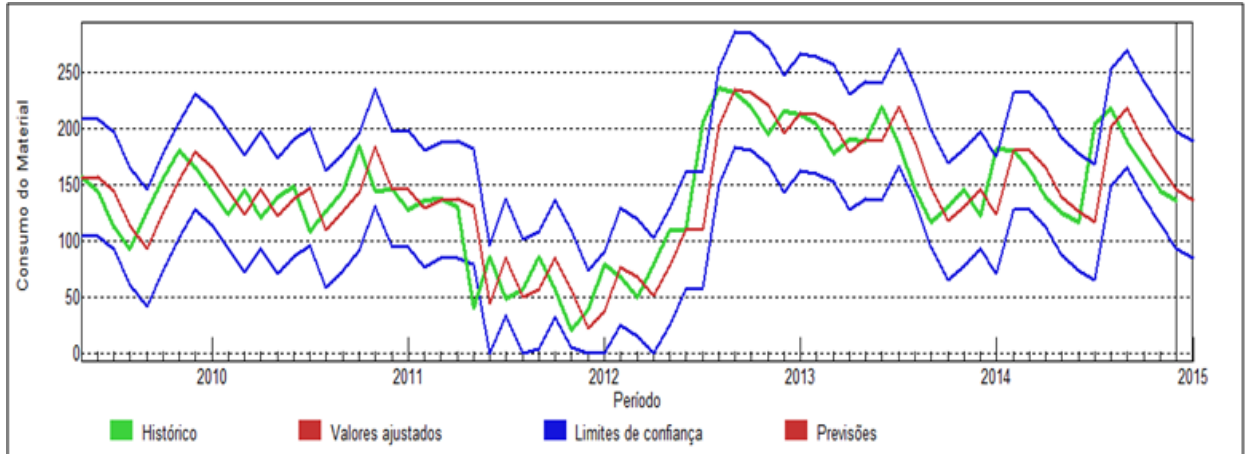


Figura 23- Dados históricos do consumo do material pó químico ABC (em kg) e o modelo selecionado.

O modelo selecionado apresentou um ajustamento adequado à série de dados, verificado pelo valor encontrado em R^2 . O valor encontrado em MAPE foi alto devido ao baixo valor numérico presente na série. O modelo não capturou adequadamente alguns desníveis da série, porém, grande parte dos dados encontram-se dentro dos limites de confiança, corroborando para a qualidade e escolha do modelo.

6.6 Aplicação da proposição 2 (modelo PREDPREV)

A seguir será apresentado a aplicação da proposição 2 – Modelo PREDPREV aos materiais (conteúdos) da empresa estudada. A tabela 13 apresenta os valores previstos de consumo dos materiais através dos modelos matemáticos e a predição desses valores pelo especialista em compras de materiais. Os valores previstos pelos modelos matemáticos para janeiro de 2015 foram obtidos através do modelo PREVCONS.

Tabela 13- Comparação entre os valores previstos de consumo dos materiais pelos modelos matemáticos e a predição pelo especialista.

	Previsão pelos modelos matemáticos (para janeiro/2015)	Predição pelo especialista (para janeiro/2015)	DIFERENÇA previsãoxpredição (em%)
CO2	1281 kg	1500 kg	17,1
Água	3526 l	3600 l	2,1
Pó Químico BC	3499 kg	4000 kg	14,3
Espuma Mecânica	123 l	150 l	22,0
Pó Químico ABC	136 kg	150 kg	10,3

Segundo a tabela 13, os valores preditos pelo especialista diferem em relação ao valor previsto. Com exceção do material água, que teve seu aumento percentual desprezível, com 2,1%, todos os materiais tiveram aumento significativo na predição do especialista. As maiores diferenças percentuais encontram-se no material espuma mecânica com aumento de 22% e no material CO2 com aumento de 17,1%. Segundo o especialista de compra de materiais na empresa estudada, a justificativa para o aumento nos valores da predição realizada nos materiais ocorre que devido a sua experiência, normalmente há um aumento no consumo nos materiais nos meses de janeiro, o que segundo a sua opinião não foi capturado pelos modelos matemáticos.

6.7 Aplicação da proposição 3 (modelo CONT_REV)

A seguir será apresentado a aplicação da proposição 3 – Modelo CONT_REV aos materiais (conteúdos) da empresa estudada. Os valores previstos para compra dos materiais, de acordo com a revisão dos parâmetros sugeridos para pedido de compra, encontram-se na tabela 14. Os valores com a média de consumo e o desvio padrão do último ano (2014) foram obtidos através das análises preliminares do consumo histórico dos materiais.

Tabela 14- Total previsto para pedido de compra com a revisão dos parâmetros através do modelo CONT_REV.

	Média de consumo do último ano (2014)	Desvio Padrão do último ano (2014)	Total Previsto para compra (pedido de compra)
CO2	1371,7 kg	201,0kg	1572,7 kg
Água	3701,7 l	282,7 l	3984,4 l
Pó químico BC	3540,3 kg	222,8 kg	3763,1 kg
Espuma Mecânica	125,2 l	17,5 l	142,7 l
Pó químico ABC	163,4 kg	32,1 kg	195,5 kg

6.8 Análises do consumo e previsão dos modelos de gestão de estoque e compras sugeridos

A seguir será apresentado o consumo real dos materiais em janeiro de 2015 e os valores de consumo previsto pelas proposições (modelos PREVCONS, PREDPREV e CONT_REV). Essa comparação tem a finalidade de verificação dos ajustes dos modelos ao consumo real para o período previsto. A tabela 15 apresenta os valores previstos para o consumo de cada modelo e o consumo real de cada material (conteúdo).

Tabela 15- Total previsto para consumo do material através dos modelos selecionados e o consumo real para janeiro de 2015.

	Consumo real em janeiro de 2015	Previsão de consumo para janeiro de 2015		
		Modelo PREVCONS	Modelo PREDPREV	Modelo CONT_REV
CO2	1598 kg	1281 kg	1500 kg	1572,7 kg
Água	3710 l	3526 l	3600 l	3984,4 l
Pó químico BC	3290 kg	3499 kg	4000 kg	3763,1 kg
Espuma Mecânica	137 l	123 l	150 l	142,7 l
Pó químico ABC	170 kg	136 kg	150 kg	195,5 kg

Se considerarmos os valores de previsão de consumo dos materiais mais próximos da realidade ao consumo real em janeiro de 2015, temos uma alternância de modelos de acordo

com cada material. Segundo tabela 15, o modelo PREVCONS foi o melhor modelo para o material Pó químico BC, o modelo PREDPREV o melhor modelo para os materiais água e pó químico ABC e o modelo CONT_REV o melhor modelo para os materiais espuma mecânica e CO₂.

7 ANÁLISE DE DADOS

A seguir apresentaremos as análises de dados da aplicação dos modelos de gestão de estoque e compra propostos aos materiais selecionados durante os meses de janeiro a março de 2015. A análise consistiu na compra individual de cada material através dos modelos propostos, e foram comparados através dos gastos acumulados e da regularidade da compra em relação ao modelo utilizado atualmente pela empresa. Gastos acumulados referem-se ao valor gasto com a compra de cada material durante o período analisado.

Para as análises, as compras serão realizadas mensalmente segundo os valores previstos pelo correspondente modelo. Como não foi possível mensurar o estoque dos materiais analisados presentes no período de janeiro de 2015, considerou-se que nesse período o estoque era zero.

Considerou-se como ES, o estoque de segurança a ser comprado, ao nível de serviço de 95%, lead time fixo de 1 mês e o desvio padrão da demanda real durante o período existente da série histórica. Considerou-se como LCM, o lote de compra mínimo dos materiais, DP como a demanda prevista para o mês correspondente e QP a quantidade do pedido a ser realizado para a compra do mês previsto.

A Qtd de Compras refere-se ao número de vezes que foi necessário realizar a compra do material durante o mês analisado. Como exemplo, quando o valor comprado mais o valor de estoque do material forem insuficientes para atender ao consumo real há a necessidade de realizar mais uma compra mensal através do lote de compra mínimo.

- **CO2**

A seguir apresentaremos os resultados da aplicação dos modelos PREVCONS, PRED PREV e CONT_REV, durante o período de janeiro a março de 2015 e seus gastos mensais com a compra do material CO2. A tabela 16 apresenta a compra realizada do material CO2 através de cada modelo proposto para o período de janeiro de 2015, a tabela 17 para o período de fevereiro de 2015 e a tabela 18 para o período de março de 2015.

Tabela 16- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.

	Demanda real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	1598	0	2000	0	2000	Não	-	1	7.660,00
Modelo PREVCONS	1598	0	1281	201	1482	Sim	1000	2	9.506,06
Modelo PREDPREV	1598	0	1500	237	1737	Não	-	1	6.652,71
MODELO CONT_ REV	1598	0	1572,7	237	1810	Não	-	1	6.931,15

Tabela 17- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	1196	402	2000	0	2000	Não	-	1	7.660,00
Modelo PREVCONS	1196	884	1452	209	777	Não atendeu ao pedido mínimo	1000	1	3.830,00
Modelo PREDPREV	1196	139	1500	243	1604	Não	-	1	6.143,32
MODELO CONT_ REV	1196	212	1573	243	1604	Não	-	1	6.143,32

Tabela 18- Compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	1357	1206	2000	0	2000	Não	-	1	7.660,00
Modelo PREVCONS	1357	688	1252	214	778	Não atendeu ao pedido mínimo	1000	1	3.830,00
Modelo PREDPREV	1357	547	1500	242	1195	Não	-	1	4.576,85
MODELO CONT_ REV	1357	620	1573	242	1195	Não	-	1	4.575,70

Para fins de comparação, a tabela 19 apresenta a análise de gastos mensais e as estatísticas descritivas para o material CO2, sugerida pelas proposições, no período de janeiro a março de 2015. A figura 24 apresenta o gráfico com as despesas acumuladas para cada período de janeiro a março de 2015 com a compra do material sugerido pelos modelos propostos.

Tabela 19- Análise de gastos mensais com a compra do material CO2 sugerida através dos modelos propostos.

VALORES DE GASTOS MENSAIS COM A COMPRA DO MATERIAL CO2				
	Modelo atual (R\$)	Modelo PREVCONS (R\$)	Modelo PREDPREV (R\$)	Modelo CONT_REV (R\$)
jan-15	7660,00	9506,06	6652,71	6931,15
fev-15	7660,00	3830,00	6143,32	6143,32
mar-15	7660,00	3830,00	4576,85	4575,70
TOTAL	22980,00	17166,06	17372,88	17650,17
MÉDIA	7660,00	5722,02	5790,96	5883,39
MÁXIMO	7660,00	9506,06	6652,71	6931,15
MÍNIMO	7660,00	3830,00	4576,85	4575,70
DESV. PADRÃO	0,00	3277,07	1081,86	1199,04

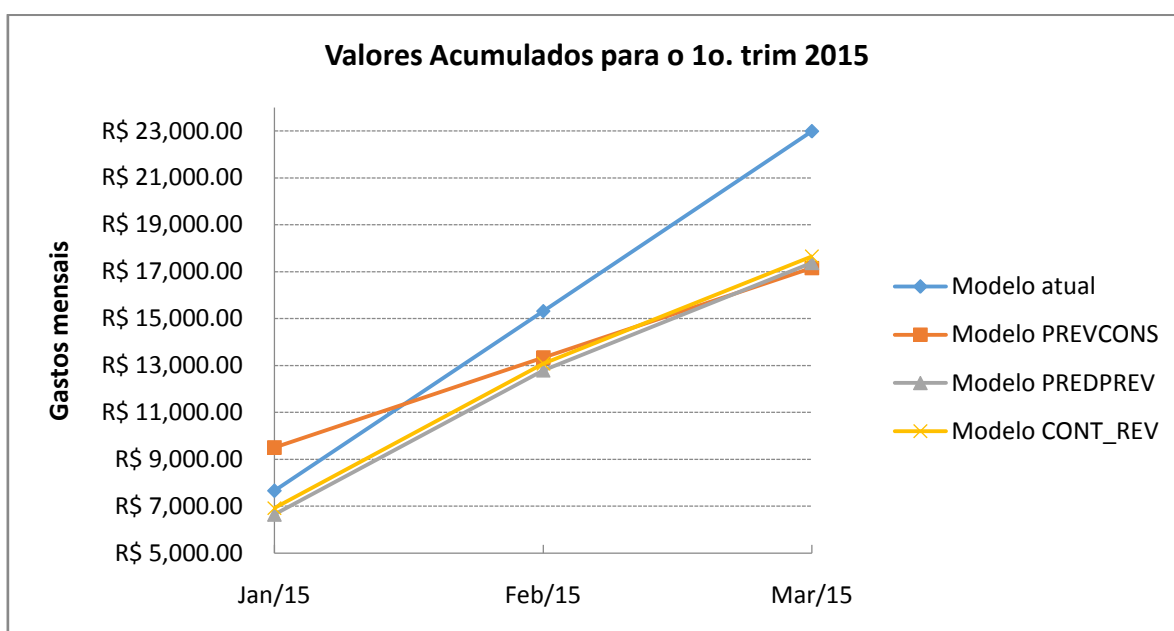


Figura 24- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material CO2 sugerido pelos modelos propostos.

Observa-se através da figura 24 e da tabela 19, que o modelo atual apresentou o pior desempenho. Isso é observado pelo total acumulado dos valores gastos no período de janeiro a março de 2015 na tabela 19, e pela tendência mais acentuada ocorrida nas despesas acumuladas apresentado no gráfico da figura 24. O modelo PREVCONS apresentou o maior gasto inicial com a compra do material, no mês de janeiro, ocorrido pelo subdimensionamento do valor previsto pelos modelos matemáticos e da necessidade de compra de mais um lote mínimo, ou seja, mais 1000 kg do material, para suprir a demanda do mês conforme visualizados na tabela 16. Porém, quando observamos os meses posteriores (fevereiro e

março), verificamos que esse gasto inicial foi deduzido, observado pela atenuação da tendência nos meses de fevereiro e março, presentes na figura 24.

O modelo PREDPREV e o modelo CONT_REV apresentaram desempenhos muito próximos, sendo que o modelo PREDPREV apresentou ligeiramente melhor desempenho quando observado a homogeneidade, média e desvio padrão dos gastos mensais encontrados na tabela 19.

- **Água**

A seguir apresentaremos os resultados da aplicação dos modelos PREVCONS, PREDPREV e CONT_REV, durante o período de janeiro a março de 2015 e seus gastos mensais com a compra do material água. No caso deste material, não será comparado o modelo atual de compra do material, visto que esse material está disponível pela rede de água e saneamento da cidade e é pago pela quantidade utilizada, não necessitando a sua compra previamente. A tabela 20 apresenta a compra realizada do material água através de cada modelo proposto para o período de janeiro de 2015, a tabela 21 para o período de fevereiro de 2015 e a tabela 22 para o período de março de 2015.

Tabela 20- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Gasto Mensal (R\$)
Modelo PREVCONS	3710	0	3526	426	3925	824,25
Modelo PREDPREV	3710	0	3600	684	4284	899,59
MODELO CONT_REV	3710	0	3984	684	4668	980,31

Tabela 21- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Gasto Mensal (R\$)
Modelo PREVCONS	3545	215	3678	446	3909	820,89
Modelo PREDPREV	3545	574	3500	684	3610	758,15
MODELO CONT_REV	3545	958	3984	684	3710	779,15

Tabela 22- Compra do material água sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Gasto Mensal (R\$)
Modelo PREVCONS	3260	364	3831	419	3886	816,06
Modelo PREDPREV	3260	639	4000	681	4042	848,80
MODELO CONT_ REV	3260	1123	3984	681	3542	743,80

Para fins de comparação, a tabela 23 apresenta a análise de gastos mensais e as estatísticas descritivas para o material água, sugerida pelos modelos propostos para o período de janeiro a março de 2015. A figura 25 apresenta o gráfico com as despesas acumuladas para cada período de janeiro a março de 2015 com a compra do material sugerido pelos modelos propostos.

Tabela 23- Análise de gastos mensais com a compra do material água sugerida através dos modelos propostos.

VALORES DE GASTOS MENSAIS COM A COMPRA DO MATERIAL ÁGUA			
	Modelo PREVCONS (R\$)	Modelo PREDPREV (R\$)	Modelo CONT_REV (R\$)
jan-15	824,25	899,59	980,31
fev-15	820,89	758,15	779,15
mar-15	816,06	848,80	743,80
TOTAL	2461,20	2506,54	2503,27
MÉDIA	820,40	835,51	834,42
MÁXIMO	824,25	899,59	980,31
MÍNIMO	816,06	758,15	743,80
DESV. PADRÃO	4,12	71,65	127,58

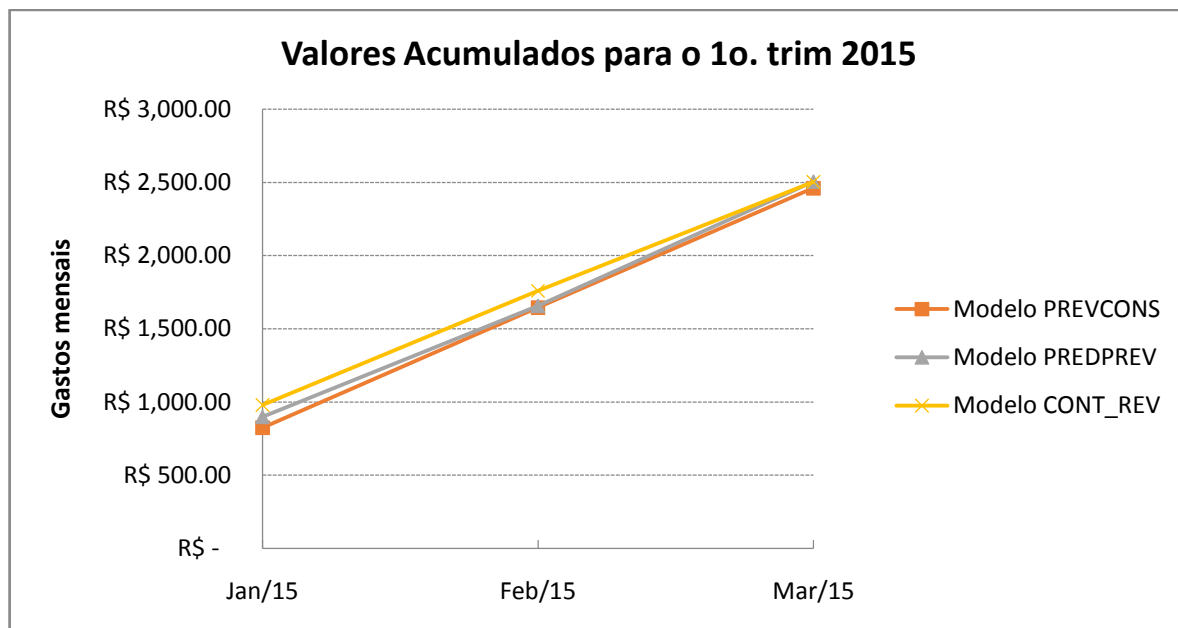


Figura 25- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material água sugerido pelos modelos propostos.

Observamos através da figura 25 que os três modelos propostos apresentaram desempenho semelhante quando observados os valores acumulados para o período analisado. Isso ocorre porque o valor da água por litro é um valor numérico baixo e que pequenas variações na quantidade de pedido do material não alteram significativamente o gasto mensal com esse material. Conforme tabela 23, se observarmos o desvio padrão e a regularidade nos gastos, o modelo PREVCONS apresentou o melhor desempenho.

Se analisarmos o erro entre a demanda real e a prevista, o modelo PREDPREV apresentou a melhor assertividade para o período de janeiro e fevereiro e o modelo PREVCONS para o período de março.

- **Pó Químico BC**

A seguir apresentaremos os resultados da aplicação dos modelos PREVCONS, PREDPREV e CONT_REV, durante o período de janeiro a março de 2015 e seus gastos mensais com a compra do material pó químico BC. A tabela 24 apresenta a compra realizada do material pó químico BC através de cada modelo proposto para o período de janeiro de 2015, a tabela 25 para o período de fevereiro de 2015 e a tabela 26 para o período de março de 2015.

Tabela 24- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	3290	0	4000	0	4000	Não	-	1	9.520,00
Modelo PREVCONS	3290	0	3499	352	3851	Não	-	1	9.165,38
Modelo PREDPREV	3290	0	4000	517	4517	Não	-	1	10.751,42
MODELO CONT_ REV	3290	0	3763	517	4280	Não	-	1	10.187,36

Tabela 25- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	2964	710	3500	0	2790	Não	-	1	6.640,20
Modelo PREVCONS	2964	561	3315	347	3101	Não	-	1	7.380,38
Modelo PREDPREV	2964	1227	3000	514	2287	Não	-	1	5.443,06
MODELO CONT_ REV	2964	990	3763	514	3287	Não	-	1	7.823,06

Tabela 26- Compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	CP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	3308	536	4000	0	3464	Não	-	1	8.244,32
Modelo PREVCONS	3308	698	3263	342	2907	Não	-	1	6.918,66
Modelo PREDPREV	3308	550	3500	513	3464	Não	-	1	8.243,74
MODELO CONT_ REV	3308	1313	3763	513	2964	Não	-	1	7.053,74

Para fins de comparação, a tabela 27 apresenta a análise de gastos mensais e as estatísticas descritivas para o material pó químico BC, sugerida pelos modelos propostos para o período de janeiro a março de 2015. A figura 26 apresenta o gráfico com os valores acumulados para cada período de janeiro a março de 2015 com a compra do material sugerido pelos modelos propostos.

Tabela 27- Análise de gastos mensais com a compra do material pó químico BC sugerida através dos modelos propostos.

VALORES DE GASTOS MENSAIS COM A COMPRA DO MATERIAL PÓ QUÍMICO BC				
	Modelo atual (R\$)	Modelo PREVCONS (R\$)	Modelo PREDPREV (R\$)	Modelo CONT_REV (R\$)
jan-15	9520,00	9165,38	10751,42	10187,36
fev-15	6640,20	7380,38	5443,06	7823,06
mar-15	8244,32	6918,66	8243,74	7053,74
TOTAL	24404,52	23464,42	24436,31	25062,25
MÉDIA	8134,84	7821,47	8145,44	8354,08
MÁXIMO	9520,00	9165,38	10751,42	10187,36
MÍNIMO	6640,20	6918,66	5441,16	7053,74
DESV. PADRÃO	1443,02	1186,53	2656,49	1633,37

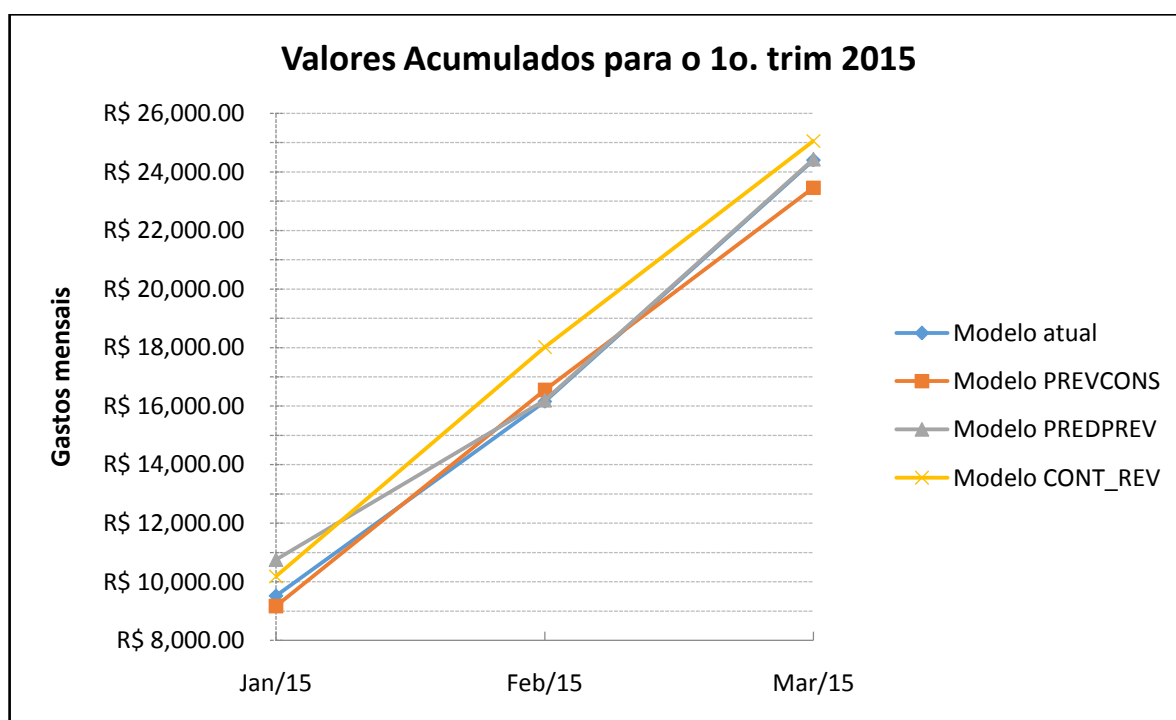


Figura 26- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material pó químico BC sugerido pelos modelos propostos.

Observa-se através da figura 26 e da tabela 27, que os modelos apresentaram desempenho semelhante quando observados os valores acumulados para o período analisado.

O modelo PREVCONS apresentou o menor desvio padrão da série e também o menor valor acumulado para o período analisado, sendo ligeiramente o modelo que apresentou o melhor desempenho. Em contrapartida, o modelo PREDPREV apresentou o pior

desempenho, quando comparado os gastos iniciais e a regularidade dos gastos mensais com a compra do material.

- **Espuma Mecânica**

A seguir apresentaremos os resultados da aplicação dos modelos PREVCONS, PREDPREV e CONT_REV, ao longo do período de janeiro a março de 2015 e seus gastos mensais com a compra do material espuma mecânica. A tabela 28 apresenta a compra realizada do material espuma mecânica através de cada modelo proposto para o período de janeiro de 2015, a tabela 29 para o período de fevereiro de 2015 e a tabela 30 para o período de março de 2015.

Tabela 28- Compra do material espuma mecânica sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Faltou Material?	LCM (l)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	137	0	700	0	700	Não	0	1	1.400,00
Modelo PREVCONS	137	0	123	48	171	Não atendeu ao pedido mínimo	700	1	1.400,00
Modelo PREDPREV	137	0	150	73	223	Não atendeu ao pedido mínimo	700	1	1.400,00
MODELO CONT_REV	137	0	143	73	215	Não atendeu ao pedido mínimo	700	1	1.400,00

Tabela 29- Compra do material espuma mecânica sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Faltou Material?	LCM (l)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	129	563	0	0	0	Não	0	0	-
Modelo PREVCONS	129	563	137	48	0	Não	0	0	-
Modelo PREDPREV	129	563	150	72	0	Não	0	0	-
MODELO CONT_REV	129	563	143	72	0	Não	0	0	-

Tabela 30- Compra do material espuma mecânica proposta através dos modelos selecionados para o período de março de 2015.

	Dem. real (l)	Qtd em estoque (l)	DP (l)	ES (l)	QP (l)	Faltou Material?	LCM (l)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	125	434	0	0	0	Não	0	0	-
Modelo PREVCONS	125	434	129	48	0	Não	0	0	-
Modelo PREDPREV	125	434	150	72	0	Não	0	0	-
MODELO CONT_REV	125	434	143	72	0	Não	0	0	-

Observa-se que não houve alteração nas quantidades de compras, e por consequência, nos gastos mensais entre os modelos propostos e o atual conforme visualizados na tabela 28, 29 e 30. Isso ocorreu porque o consumo do material espuma mecânica é baixo, e a quantidade mínima de compra do produto representa em torno de cinco a seis meses da demanda pelo produto.

A quantidade de compra mínima do produto imposta pelo fornecedor (70 l que são diluídos para 700 l de consumo do produto), impede que seja comprado o material em menor escala, o que reduziria os gastos mensais com a compra do produto, e fazendo com que, conforme tabela 29 e 30 não houvesse compra do produto nos meses de fevereiro e março.

- **Pó Químico ABC**

A seguir apresentaremos os resultados da aplicação dos modelos PREVCONS, PREDPREV e CONT_REV, ao longo do período de janeiro a março de 2015 e seus gastos mensais com a compra do material pó químico ABC. A tabela 31 apresenta a compra realizada do material pó químico ABC através de cada modelo proposto para o período de janeiro de 2015, a tabela 32 para o período de fevereiro de 2015 e a tabela 33 para o período de março de 2015.

Tabela 31- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de janeiro de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	170	0	200	84	284	Não	0	1	1.734,96
Modelo PREVCONS	170	0	136	52	188	Não	0	1	1.146,80
Modelo PREDPREV	170	0	150	84	234	Não	0	1	1.429,96
MODELO CONT_REV	170	0	196	84	280	Não	0	1	1.707,51

Tabela 32- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de fevereiro de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	178	114	150	84	120	Não	0	1	729,44
Modelo PREVCONS	178	18	169	52	203	Não	0	1	1.238,30
Modelo PREDPREV	178	64	150	84	170	Não	0	1	1.034,44
MODELO CONT_REV	178	110	196	84	170	Não	0	1	1.034,44

Tabela 33- Compra do material pó químico ABC sugerida através dos modelos propostos para o período de março de 2015.

	Dem. real (kg)	Qtd em estoque (kg)	DP (kg)	ES (kg)	QP (kg)	Faltou Material?	LCM (kg)	Qtd de Compras	Gasto Mensal (R\$)
Modelo atual	138	56	200	84	228	Não	0	1	1.389,03
Modelo PREVCONS	138	43	178	52	187	Não	0	1	1.140,70
Modelo PREDPREV	138	56	170	84	198	Não	0	1	1.206,03
MODELO CONT_REV	138	102	196	84	178	Não	0	1	1.084,03

Para fins de comparação, a tabela 34 apresenta a análise de gastos mensais e as estatísticas descritivas para o material pó químico ABC, sugerida pelos modelos propostos para o período de janeiro a março de 2015. A figura 27 apresenta o gráfico com os valores acumulados para cada período de janeiro a março de 2015 com a compra do material sugerido pelos modelos propostos.

Tabela 34- Análise de gastos mensais com a compra do material pó químico ABC proposta através dos modelos selecionados.

VALORES DE GASTOS MENSAIS COM A COMPRA DO MATERIAL PÓ QUÍMICO ABC				
	Modelo atual (R\$)	Modelo PREVCONS (R\$)	Modelo PREDPREV (R\$)	Modelo CONT_REV (R\$)
jan-15	1734,96	1146,80	1429,96	1707,51
fev-15	729,44	1238,30	1034,44	1034,44
mar-15	1389,03	1140,70	1206,03	1084,03
TOTAL	3853,43	3525,80	3670,43	3825,98
MÉDIA	1284,48	1175,27	1223,48	1275,33
MÁXIMO	1734,96	1238,30	1429,96	1707,51
MÍNIMO	729,44	1140,70	1034,44	1034,44
DESV. PADRÃO	510,85	54,67	198,34	375,10

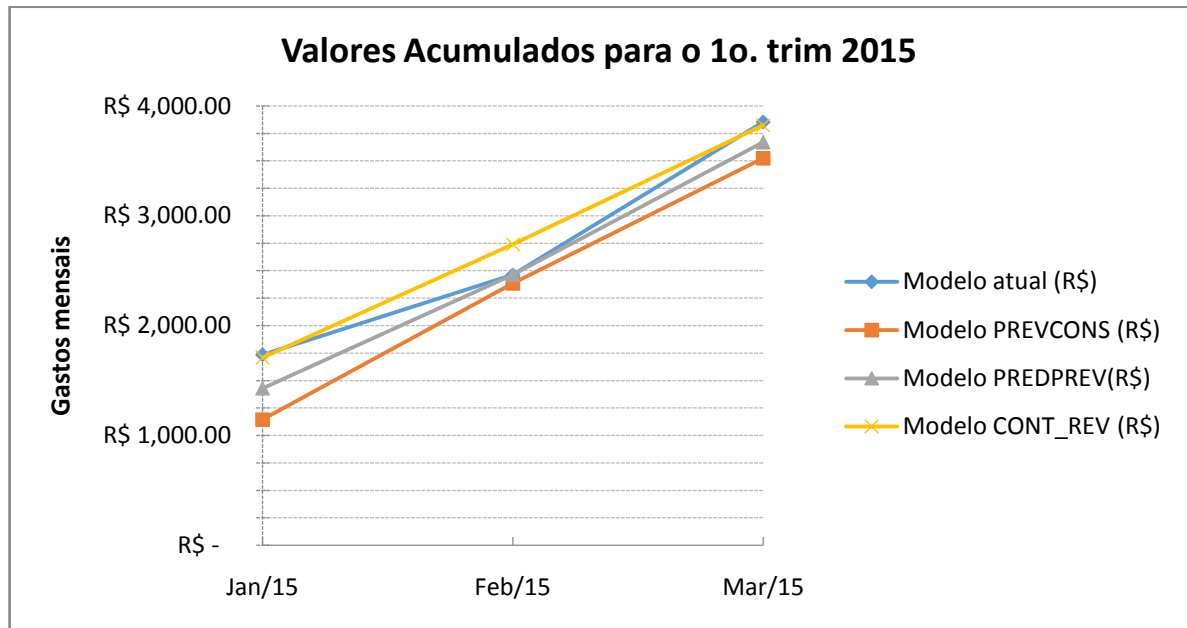


Figura 27- Valores acumulados para o período de janeiro a fevereiro de 2015 para compra do material pó químico ABC sugerido pelos modelos propostos.

Observa-se através da figura 27 e da tabela 34, que o modelo atual e CONT_REV apresentaram os piores desempenhos quando observados o desvio padrão dos gastos mensais e os valores iniciais gastos com a compra de materiais. O modelo PREVCONS apresentou o menor desvio padrão da série e também o menor valor acumulado para o período analisado, sendo o modelo que apresentou o melhor desempenho.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, quando observamos a empresa estudada, verificamos que esta possui características especiais ao qual foram identificadas. A seguir encontram-se algumas delas:

- **Visão estratégica da remanufatura pela empresa:** Segundo a visão estratégica da empresa, a remanufatura de extintores exerce um papel importante para a conquista de novos clientes e serviços. Isso ocorre, porque permite que a empresa ofereça outros serviços, quando os clientes solicitam a remanufatura de extintores. Além disso, a remanufatura permite reforçar para seus clientes, o compromisso e a qualidade nos serviços executados pela empresa, estabelecendo um vínculo de confiança, e favorecendo a conquista de novos serviços.
- **Preferência dos consumidores pela remanufatura:** Grande parte dos consumidores da empresa optam pela remanufatura dos extintores ao invés de comprar extintores novos. Isso ocorre, porque ao observarmos a tabela de preços praticados pela empresa, a remanufatura de um extintor pode ser até 80% mais econômica que a compra de um extintor novo. A redução no custo acontece porque com a realização da remanufatura, grande parte dos componentes e materiais são reaproveitados. Além disso, o extintor remanufaturado tem as mesmas garantias de qualidade que um extintor novo.
- **Alta representatividade do faturamento e baixa lucratividade:** O setor de remanufatura representa em torno de 30% do faturamento da empresa. Porém, a lucratividade deste setor é baixa e irrelevante se comparado a lucratividade de outros produtos ou serviços oferecidos pela empresa. Com isso, há na empresa um movimento para redução de custos nos processos internos, para que haja aumento da lucratividade na atividade.
- **Diversificação dos produtos e serviços:** Há na empresa uma desafiadora meta de crescimento e rentabilidade suportada principalmente pela diversificação dos produtos e serviços oferecidos. Isso ficou evidente com a recente inauguração do centro de treinamento de brigadas de incêndio, segunda unidade da empresa. Esse local irá abrigar treinamentos de diversas áreas, oferecendo um novo segmento de atuação para a empresa.

Também foram encontradas características específicas do setor de remanufatura que a empresa atua, o setor de remanufatura de extintores de incêndio. A seguir encontram-se as características mais relevantes.

- **Periodicidade de retorno dos produtos normatizada:** A periodicidade de retorno dos extintores para realizar a remanufatura é estabelecida pela norma ABNT - NBR 12962/1998. Com exceção dos extintores de CO₂, todos os outros extintores devem ser resubmetidos à remanufatura no período de 12 meses.

- **Setor normatizado e fiscalizado:** Quando observamos o setor em que a empresa atua, verificamos um alto rigor quanto à normatização do processo e a fiscalização das empresas credenciadas. Ser uma empresa credenciada a executar inspeção técnica e manutenção de extintor de incêndio para uso do selo de identificação de conformidade possui constantemente um alto grau de exigência. Essas exigências atribuem pelos consumidores, credibilidade no processo de remanufatura do produto.

Essas características especiais da empresa e do setor em que a empresa atua podem distingui-la das demais nos resultados da aplicação e da implementação de métodos para gestão de estoque e compras propostos.

Referente à implementação das proposições sugeridas, quando analisamos os resultados encontrados para cada material individualmente, verificamos que esses diferem de material para material. Em alguns materiais, as proposições trouxeram reais benefícios, em outros, a adoção foi indiferente em relação ao modelo atual de compra de materiais da empresa.

No caso do material CO₂, verificamos que a aplicação da proposição 2 (modelo PREDPREV) apresentou real benefício, com redução média de 24,4% dos gastos com a compra dos materiais durante o trimestre analisado (janeiro a março de 2015), se comparados com o atual método de compra da empresa (modelo atual).

Também houve benefício na aplicação das proposições o material pó químico ABC, que apesar de não apresentar significativa redução de custo com os gastos mensais com a compra do material, apresentou melhor regularidade com o gastos destes ao longo dos meses. Essa regularidade facilita a não alocação de recursos extras.

Já no caso do material pó químico BC, não foi identificado melhoria na implementação das proposições. A redução média dos gastos com a compra de materiais através do modelo PREVCONS, o modelo que apresentou o melhor desempenho, quando comparada ao modelo atual da empresa, não foi significativa, o que não justifica outro tipo de abordagem para a gestão de compra e estoque deste material.

O mesmo acontece com o material espuma mecânica, que também não apresentou qualquer alteração com a compra dos materiais quando comparada ao modelo atual e as proposições. Isso ocorreu devido ao lote de compra mínimo do material e a baixa demanda pelo material. O fornecedor do material não altera ou fraciona o lote de compra mínimo do material. Caso haja, uma revisão de fornecedor, em que possa fracionar a compra deste material, para atender exclusivamente a demanda mensal, talvez os modelos sugeridos para gestão de compras e estoque possa ser válida.

No caso da implementação da proposição 1 (modelo PREVCONS), a adoção de sistemas para previsão de demanda mais sofisticados, que necessitam de softwares específicos, como o Forecast Pro XE VS 6, e que dispensem recursos financeiros para sua implementação, podem não ser viáveis. Esse é o caso da empresa selecionada. Alguns métodos de previsões de demanda que possam ser elaboradas através de planilhas eletrônicas, como é o caso dos modelos de suavização exponencial, podem ser uma alternativa para a implementação desta proposição.

Como sugestão para a empresa estudada, indicamos que haja uma divisão de métodos de gestão de materiais e estoque, para os materiais que se beneficiaram dos modelos propostos que esses sejam adotados e que os que não tiveram benefícios, mantenham-se ao método atual de compra.

Para manter a acuracidade das proposições, também é preciso manter a constante atualização no banco de dados criado e evitar a recorrência de dados espúrios na série de consumo dos materiais. Como contribuições, para evitar a recorrência desses erros (dados espúrios) na empresa são sugeridas: Contratação de suporte técnico para solucionar erros internos do programa; programa de treinamento periódico aos funcionários e programa de treinamento inicial para novos funcionários que contemplem a correta utilização do programa.

9 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi propor e aplicar modelos de gestão de estoque e materiais em uma empresa de remanufatura. Para isso, com base nas análises preliminares do consumo histórico dos materiais selecionados foram sugeridas e aplicadas três proposições em uma empresa de remanufatura de extintores de incêndio localizada no interior do estado de São Paulo.

Os resultados encontrados apresentaram que houve materiais em que as proposições sugeridas trouxeram reais benefícios, com reduções nos custos e melhor regularidade nos valores com os gastos mensais com a compra do material, e outros em que as proposições não trouxeram benefícios para a compra do material.

Mediante aos resultados apresentados, as aplicações das proposições, mesmo que parcialmente para alguns materiais, pode contribuir para aumentar a competitividade da empresa com a disponibilidade de capital que antes estava alocado com a compra desses materiais. As proposições podem se tornar um facilitador para que materiais com custos significativos para a empresa possam ser comprados em quantidades apropriadas, para o período estipulado.

Quanto às naturais resistências à aplicação das proposições, observou-se que a mesmas são reduzidas quando há a compreensão e o comprometimento da alta gerência no processo e execução da mesma. Isso possibilitou que os atores envolvidos disponibilizassem tempo e recursos para que as proposições fossem totalmente concluídas.

Quanto às limitações presentes no trabalho, destaca-se a quantidade, a localização, o setor e o produto de remanufatura da empresa envolvida neste estudo. Além disso, não foi realizado estudo sobre os custos que irão ser necessários com a implementação e manutenção dessas proposições na empresa.

É importante destacar que a empresa estudada, possui características especiais assim como o setor em que ela atua. Essas características peculiares viabilizaram, por exemplo, na proposição 1, a aplicação de modelos matemáticos mais difundidos para previsão de demanda, e na proposição 3, a utilização de modelos de revisão contínua para a compra do material devido à regularidade dos dados históricos do consumo dos materiais.

Outros setores da remanufatura, com características distintas, não poderão se adequar a essas proposições, ou ainda serem necessários ajustes devido às particularizações de cada empresa.

Contudo, destaca-se que as informações apresentadas não têm a intenção de serem genéricas, mas explorar o cenário de remanufatura e suas particularidades e propiciar maior compreensão sobre o assunto.

Como sugestão de trabalhos futuros encontra-se:

- A aplicação dessas proposições em outras empresas e setores da remanufatura;
- A aplicação de modelos matemáticos específicos para previsão de retorno de materiais em remanufatura para a proposição 1;
- Análise de redução de custos com outros processos internos na empresa selecionada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12963**: sistemas de proteção por extintores de incêndio. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10721**: extintores de incêndio com carga de pó. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15808**: extintores de incêndio portáteis. Rio de Janeiro, 2010.

ARAÚJO, M. G. et al. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. **Waste Management**, Oxford, v. 32, p. 335-342, 2012.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOX, G.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G. **Time series analysis**: forecasting and control. 3rd. ed. New York: Prentice Hall, 1994.

BRAS, B.; MCINTOSH, M. W. Product, process, and organizational design for remanufacture - an overview of research. **Robotics and Computers-Integrated Manufacturing**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 167-178, 1999.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 25 fev. 2014.

BUENO, R. L. S. **Econometria das séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CHEN, C. et al. A review on remanufacture of dies and moulds. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 64, p. 13-23, 2014.

CHRISTODOULOS, C.; MICHALAKELIS, C. Forecasting with limited data: combining ARIMA and diffusion models. **Technological Forecasting & Social Change**, New York, v.77, p. 558-565, 2010.

CLOTTEY, T.; BENTON JR, W. C.; SRIVASTAVA, R. Forecasting Product Returns for Remanufacturing Operations. **Journal of the Decision Sciences**,[S.l.], v. 43, n.4, p. 589-613, 2012.

CLOTTEY, T.; BENTON JR, W. C.; SRIVASTAVA, R. Determining core acquisition quantities when products have long return lags. **IIE Transactions**, Norcross, v. 46, n. 9, p. 880-893, 2014.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: Uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2005.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ENDERS, W. **Applied econometrics time series**. 2nd. ed. [S.l.]: Wiley Series in Probability and Statistics, 2004.

FERNANDES, F. C. F.; FILHO GODINHO, M. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

GARDNER JR., E.S. Exponential smoothing: the State of Art – Part II. **International Journal of Forecasting**, Amsterdam, v. 22, n. 4, p. 637-666, 2006.

GUIDE JR., V. D. R. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v.18, p. 467-483, 2000.

GUNASEKARAN, A.; SPALANZANI, A. Sustainability of manufacturing and services: investigations for research and applications. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 140, p. 35-47, 2012.

HYNDMAN, R. J.; KOEHLER, A. B. Another look at measures of forecast accuracy. **International Journal of Forecasting**, Amsterdam, v. 22, p. 284-299, 2006.

IJOMAH, W. L.; MCMAHON, C. A. HAMMOND, G. P; NEWMAN, S.T. Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, [S.l.], v. 23, n. 6, p. 712-719, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA.

Avaliação de Conformidade. Registro de Objetos. Disponível em:

<<http://www.inmetro.gov.br/registrosobjetos/Default.aspx?pag=1>>. 2014. Acesso em: 10 jan. 2015.

KELLE, P.; SILVER, E.; Forecasting the returns of reusable containers. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 8, n. 1, p. 17-35,1989.

KRAPP, M.; NEBEL, J.; SAHAMIE, R. Forecasting product returns in closed-loop supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Bradford, v. 43, n. 8, p.614-637, 2013.

LEVINE, D. M. et al. **Estática**: teoria e aplicações usando o Microsoft Excel. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting**: methods and Applications. 3rd. ed. New York: John Wiley, 1998.

MARX-GOMEZ J. et al. Neuro-Fuzzy approach to forecast returns of scrapped products to recycling and remanufacturing. **Knowledge-Based Systems**, [S.l.], v. 15, p.119-128, 2002.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C. M. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

OH, Y.H.; HWANG, H. Deterministic inventory model for recycling system. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 423-428, 2006.

OSTLIN, J.; SUNDIN, E.; BJORKMAN, M. Importance of closed-loop supply chain relationships for product remanufacturing. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 115, n. 2, p.336-348, 2008.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda**. 2000. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

POLIWAL, M.; KUMAR, U. A. Neural networks and statistical techniques: a review of applications. **Expert Systems with Applications**, New York, v. 36, p. 2-17, 2009.

RAVI, V.; SHANKAR, R. Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. **Technological Forecasting & Social Change**, New York, v. 72, p. 1011-1029, 2005.

ROSA, H.; MAYERLE S. F.; GONÇALVES, M. B. Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação. **Produção**, v. 20, n. 4, p. 626-638, 2010.

SAAVEDRA, Y. M. B. et al. Remanufacturing in Brazil: case studies on the automotive sector. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v.53, p. 267-276, 2013.

SEITZ, M. A. A critical assessment of motives for product recovery: the case of engine remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 15, n. 11/12, p. 1147-1157, 2007.

SIPPER, D.; BULFIN JR.; R. L. **Production: planning, control and integration**. New York: McGraw Hill, 1997.

STINDT, D.; SAHAMIE, R. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. **Flexible Service Manufacturing Journal**, [S.l.], v. 26, p. 268-293, 2014.

TOFFEL, M. W. Strategic management of product recovery. **California Management Review**, Berkeley, v. 46, n2, p. 120-141, 2004.

TOKTAY, B.; WEIN, L.; ZENIOS, S. Inventory management of remanufacturing products. **Management Science**, Providence, v. 46, n. 11, p. 1412-1426, 2000.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

UMEDA, Y.; KONDOH, S.; TAKASHI, S. Proposal of “Marginal Reuse Rate” for evaluating reusability of products. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 15., 2005, Melbourne. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005. p. 385-386.

VOLLMANN, T. E. et al. **Sistemas de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, [S.l.], v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WANKE, P. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, p.677-687, 2012.

WIKIPEDIA. A enciclopédia livre. **Incêndio na Boate Kiss**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Inc%C3%AAndio_na_boate_Kiss>. Acesso em: 19 out. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO A

Tabela A1. Série histórica de consumo dos materiais antes da remoção de dados espúrios

(continua)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
mai/2009	1396	3000	3207	136	156
jun/2009	13360	24400	28850	1110	1440
jul/2009	13140	2560	3005	121	112
ago/2009	1407	2990	3254	131	92
set/2009	1334	3085	2848	120	126
out/2009	1265	2915	2962	101	154
nov/2009	1221	2870	3013	131	180
dez/2009	1197	3145	3297	119	164
jan/2010	1056	2625	2625	149	144
fev/2010	957	2670	2398	127	122
mar/2010	1078	2930	2834	161	146
abr/2010	1051	2440	2616	178	122
mai/2010	1154	2940	3027	188	138
jun/2010	2628	5930	5596	312	256
jul/2010	10	30	0	19	0
ago/2010	1498	2510	3147	180	126
set/2010	1333	3545	3291	199	144
out/2010	1509	3240	3283	209	184
nov/2010	1457	3525	3221	200	144
dez/2010	1441	3270	3104	180	146
jan/2011	1394	3100	3085	150	128
fev/2011	1356	2420	2968	112	136
mar/2011	1334	2640	3047	133	138
abr/2011	1310	3325	3478	153	130
mai/2011	1348	3350	3305	118	40
jun/2011	1289	3385	3647	140	86
jul/2011	1433	3480	3380	133	48
ago/2011	1178	3725	3406	145	56

Tabela A1. Série histórica de consumo dos materiais antes da remoção de dados espúrios

(continuação)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
set/2011	1188	3320	3554	113	84
out/2011	1329	3500	3670	129	56
nov/2011	1329	3340	13457	119	20
dez/2011	1354	3550	3341	145	38
jan/2012	1236	3330	3944	113	78
fev/2012	1084	3040	3316	98	66
mar/2012	1212	3155	3361	129	50
abr/2012	1180	3015	3198	118	78
mai/2012	1311	3085	3403	140	110
jun/2012	1072	2910	3554	107	110
jul/2012	1259	3085	3341	567	206
ago/2012	1200	3280	3676	108	236
set/2012	1082	3840	3393	98	232
out/2012	1189	3045	2976	106	220
nov/2012	1244	3120	3006	125	194
dez/2012	1296	3215	3042	150	214
jan/2013	1329	3175	2899	173	212
fev/2013	1086	3540	3092	202	204
mar/2013	1396	3805	3154	228	178
abr/2013	1276	3710	3664	202	190
mai/2013	1280	3350	3274	249	188
jun/2013	1196	3280	3512	239	220
jul/2013	1322	3465	3405	445	186
ago/2013	1388	0	3208	200	146
set/2013	1465	3875	3416	296	116
out/2013	1356	3530	3399	278	130
nov/2013	1442	3975	3430	192	146
dez/2013	1310	3760	3002	203	122
jan/2014	1288	3580	3296	123	182

Tabela A1. Série histórica de consumo dos materiais antes da remoção de dados espúrios

(conclusão)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
fev/2014	1330	3835	3140	104	180
mar/2014	1304	3845	3430	126	164
abr/2014	1184	3565	3576	116	138
mai/2014	1185	3395	3672	150	124
jun/2014	1178	3495	3770	111	116
jul/2014	1814	3425	3452	102	204
ago/2014	1517	3475	3442	123	218
set/ 2014	1601	4360	3768	150	188
out/2014	1541	3800	3722	120	166
nov/2014	1252	4010	3864	154	144
dez/2014	1266	3635	3352	123	136
jan/2015	1598	3710	3290	137	170
fev/2015	1196	3545	2964	129	178
mar/2015	1357	3260	3308	125	138

ANEXO B

Tabela B1. Série histórica de consumo dos materiais após a remoção de dados espúrios

(continua)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
mai/2009	1396	3000	3207	136	156
jun/2009	1336	2440	2885	111	144
jul/2009	1314	2560	3005	121	112
ago/2009	1407	2990	3254	131	92
set/2009	1334	3085	2848	120	126
out/2009	1265	2915	2962	101	154
nov/2009	1221	2870	3013	131	180
dez/2009	1197	3145	3297	119	164
jan/2010	1056	2625	2625	149	144
fev/2010	957	2670	2398	127	122
mar/2010	1078	2930	2834	161	146
abr/2010	1051	2440	2616	178	122
mai/2010	1154	2940	3027	188	138
jun/2010	1248	3245	2977	176	148
jul/2010	1390	2715	2619	155	108
ago/2010	1498	2510	3147	180	126
set/2010	1333	3545	3291	199	144
out/2010	1509	3240	3283	209	184
nov/2010	1457	3525	3221	200	144
dez/2010	1441	3270	3104	180	146
jan/2011	1394	3100	3085	150	128
fev/2011	1356	2420	2968	112	136
mar/2011	1334	2640	3047	133	138
abr/2011	1310	3325	3478	153	130
mai/2011	1348	3350	3305	118	40
jun/2011	1289	3385	3647	140	86
jul/2011	1433	3480	3380	133	48
ago/2011	1178	3725	3406	145	56

Tabela B1. Série histórica de consumo dos materiais após a remoção de dados espúrios

(continuação)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
set/2011	1188	3320	3554	113	84
out/2011	1329	3500	3670	129	56
nov/2011	1329	3340	3557	119	20
dez/2011	1354	3550	3341	145	38
jan/2012	1236	3330	3944	113	78
fev/2012	1084	3040	3316	98	66
mar/2012	1212	3155	3361	129	50
abr/2012	1180	3015	3198	118	78
mai/2012	1311	3085	3403	140	110
jun/2012	1072	2910	3554	107	110
jul/2012	1259	3085	3341	117	206
ago/2012	1200	3280	3676	108	236
set/2012	1082	3840	3393	98	232
out/2012	1189	3045	2976	106	220
nov/2012	1244	3120	3006	125	194
dez/2012	1296	3215	3042	150	214
jan/2013	1329	3175	2899	173	212
fev/2013	1086	3540	3092	202	204
mar/2013	1396	3805	3154	228	178
abr/2013	1276	3710	3664	202	190
mai/2013	1280	3350	3274	249	188
jun/2013	1196	3280	3512	239	220
jul/2013	1322	3465	3405	201	186
ago/2013	1388	3315	3208	200	146
set/2013	1465	3875	3416	296	116
out/2013	1356	3530	3399	278	130
nov/2013	1442	3975	3430	192	146
dez/2013	1310	3760	3002	203	122
jan/2014	1288	3580	3296	123	182

Tabela B1. Série histórica de consumo dos materiais após a remoção de dados espúrios

(conclusão)

Período	Material (conteúdo)				
	CO2 (em kg)	Água (em l)	Pó Químico BC (em kg)	Espuma Mecânica (em l)	Pó Químico ABC (em kg)
fev/2014	1330	3835	3140	104	180
mar/2014	1304	3845	3430	126	164
abr/2014	1184	3565	3576	116	138
mai/2014	1185	3395	3672	150	124
jun/2014	1178	3495	3770	111	116
jul/2014	1814	3425	3452	102	204
ago/2014	1517	3475	3442	123	218
set/ 2014	1601	4360	3768	150	188
out/2014	1541	3800	3722	120	166
nov/2014	1252	4010	3864	154	144
dez/2014	1266	3635	3352	123	136
jan/2015	1598	3710	3290	137	170
fev/2015	1196	3545	2964	129	178
mar/2015	1357	3260	3308	125	138

APÊNDICE A

CARACTERÍSTICAS SOBRE O SETOR DE REMANUFATURA DE EXTINTORES DE INCÊNDIO NO BRASIL

No Brasil, o segmento de remanufatura de extintores é amparado por normas específicas e órgãos fiscalizadores.

A fiscalização para esse tipo de atividade fica a cargo do INMETRO e das entidades de direito público a ele vinculadas por convênio de delegação, como é o caso do Instituto de Pesos e Medidas de cada estado.

Cada extintor remanufaturado deve possuir o selo de identificação de conformidade que indica que o objeto avaliado está em conformidade com os critérios estabelecidos pela Portaria Inmetro no. 179/2009, com características definidas no Manual de Aplicação de Selos de Identificação da Conformidade do INMETRO.

A distribuição do selo de identificação de conformidade é realizada através do INMETRO para as empresas detentoras de registro. A quantidade enviada para as empresas é controlada pelo INMETRO, que avalia a quantidade necessária solicitada pelas empresas registradas, por um período de noventa dias. Esta avaliação é baseada em diversos fatores como capacidade produtiva mensal da empresa, número de linhas de produção, número efetivo de pessoas que trabalham nas referidas linhas produtivas e no histórico de utilização que justifique a quantidade solicitada.

Além disso, as solicitações de selos de identificação de conformidade pelas empresas devem ser enviadas ao INMETRO ou seus representantes, acompanhadas do Relatório de Ordem de Serviço, que solicita diversas informações específicas referentes ao uso de cada selo, como os números de notas fiscais das vendas dos extintores remanufaturados e datas de utilização dos selos da última remessa.

Para ser um detentor do registro e assim ser fornecedor de serviços de inspeção técnica e manutenção de extintor de incêndio para uso do selo de identificação de conformidade, é necessário submeter-se a uma rigorosa avaliação de conformidade realizada periodicamente pelo INMETRO e seus representantes. Qualquer alteração no processo, ou estrutura realizada na empresa, como mudança de prédio ou endereço, deve a empresa ser reavaliada pelo INMETRO ou seus representantes.

No Brasil, em janeiro de 2015, havia 1159 empresas registradas a prestarem serviços em manutenção de extintores de incêndio. O Estado de São Paulo possuía a maior concentração dessas empresas com 268 empresas cadastradas (INMETRO, 2014). A figura 28 apresenta a concentração dessas empresas de acordo com cada estado.

CONCENTRAÇÃO DE EMPRESAS DE RECARGA DE EXTINTORES NO BRASIL

Quantidade de empresas autorizadas para inspeção técnica e manutenção de extintores de incêndio por estado

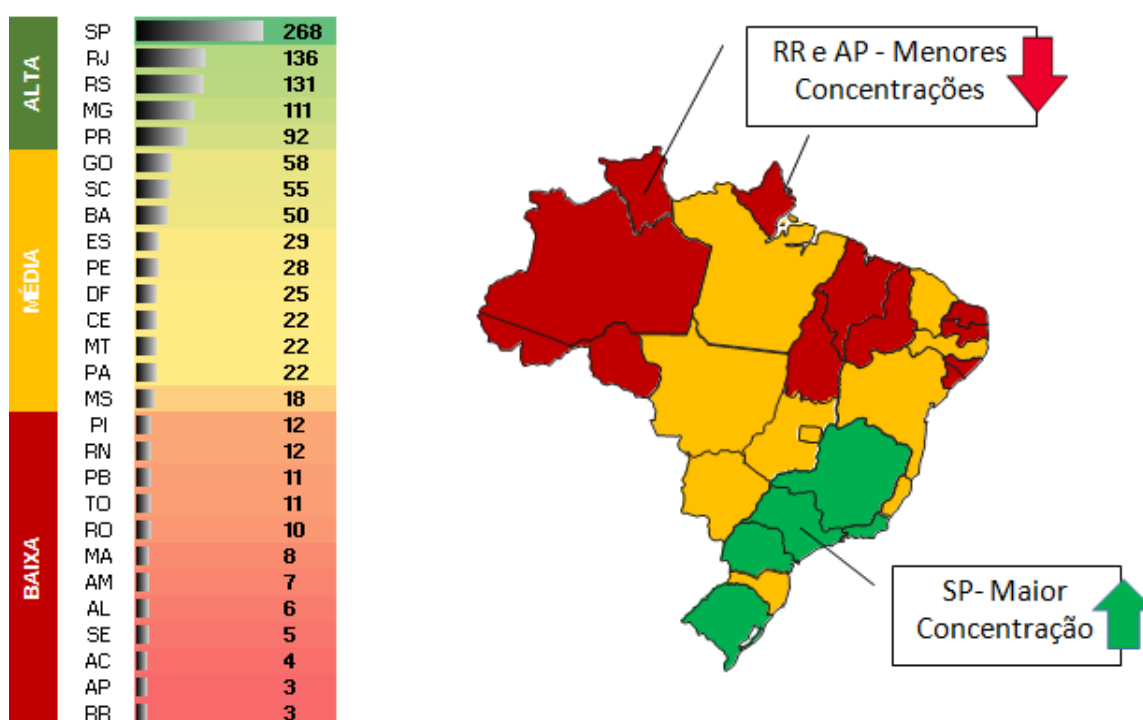


Figura 28- Gráfico com a concentração de empresas de recarga de extintores no Brasil
Fonte: Do autor baseado em INMETRO (2014).

Em relação ao volume de extintores remanufaturados, segundo dados do IPEM do Estado de São Paulo, em 2014, foram distribuídos 4.843.500 selos para as empresas registradas no estado, o que totaliza uma média de 403.625 selos por mês. Se considerarmos, a quantidade de empresas detentoras de registro no Estado de São Paulo tem-se uma média de 1506 selos por mês para cada empresa.

A periodicidade que os extintores de incêndio devem passar por um processo de manutenção e serem submetidos à remanufatura, e como deve ocorrer esse processo é normatizado pela ABNT - NBR 12962/1998 e a ABNT NBR 13485/1999.

Quanto à manutenção de extintores, a norma ABNT - NBR 12962/1998 as classifica em três níveis. São esses:

- Manutenção de primeiro nível: Manutenção geralmente efetuada no ato da inspeção que pode ser executada no local onde o extintor está instalado, não havendo necessidade de removê-lo para oficina especializada. A manutenção de primeiro nível consiste em: limpeza, substituição, reaperto ou colocação de componentes que não estejam submetidos à pressão, e conferência através de pesagem da carga de cilindros carregados em extintores de CO₂.
- Manutenção de segundo nível: Manutenção que requer execução de serviços com equipamento e local apropriados, e por pessoal habilitado. Esta manutenção implica em desmontar completamente o extintor, verificar a necessidade do recipiente ou cilindro ao qual será submetido ao ensaio hidrostático, verificação e substituição da carga, limpeza de todos os componentes, desobstrução (limpeza interna) de peças sujeitas a entupimentos, verificação das partes internas e externas quanto à existência de danos ou corrosão, e pintura se necessário.
- Manutenção de terceiro nível ou vistoria: É especificado pela norma ABNT NBR 13485/1999. O extintor de incêndio é revisado por completo, sendo obrigatório o teste hidrostático. O teste hidrostático é um teste onde o extintor fica sujeito a pressão permanente ou momentânea, utilizando-se normalmente a água como fluido, que tem como principal objetivo avaliar a resistência e a pressão dos componentes superiores a pressão de trabalho do extintor. O teste hidrostático deve ser realizado a cada cinco anos partindo da data de fabricação do extintor, ou da última data de manutenção de terceiro nível. Além disso, a tinta do extintor deve ser completamente removida para o teste, sendo o extintor repintado posteriormente.

A frequência com que os extintores de incêndio devem ser submetidos à manutenção e em quais níveis, diferem-se em relação ao conteúdo do extintor conforme ABNT - NBR 12962/1998.

Os extintores de CO₂ devem passar por manutenção de primeiro nível a cada seis meses, onde são avaliados as suas condições externas e sua carga, por meio de pesagem. Se houver perda superior a 10% da carga nominal declarada, a manufatura de segundo nível deverá ser

efetuada. A manutenção de terceiro nível deve ser obrigatoriamente efetuada a cada cinco anos.

Os extintores de água, espuma mecânica e pó devem ser submetidos à manutenção de 2º nível a cada 12 meses e a uma manutenção de terceiro nível a cada cinco anos.

APÊNDICE B

EXTINTOR DE INCÊNDIO

Extintor de incêndio é um aparelho de acionamento manual constituído de recipiente e acessórios destinado a combater ou controlar princípios de incêndio (ABNT, 2005). Em geral, ele contém um cilindro com um agente extintor pressurizado ao qual pode ser removido até o local do foco do incêndio.

Os extintores de incêndio diferem-se em relação ao conteúdo, ou seja, ao agente extintor contido em seu interior através de seis possibilidades (ABNT, 2010).

- Água pressurizada: Atua por resfriamento quando lançado sobre o material em chamas, assim interrompendo a combustão (ABNT, 1993).
- Pó químico Seco BC: Utiliza-se do bicarbonato de sódio como agente extintor. O agente extintor atua rapidamente sobre os materiais, através do resfriamento, provocando o abafamento e interrompendo a cadeia de reações químicas necessárias à alimentação da reação de combustão (ABNT, 1993).
- Pó Químico Seco ABC: Utiliza-se do monofosfato de amônia siliconizado como agente extintor. Para incêndios com origem em sólidos, como a madeira, papel e tecidos, o agente extintor isola quimicamente os materiais combustíveis, derretendo e aderindo à superfície do material em combustão. Para incêndios com origem em equipamentos elétricos energizados e líquidos e gases inflamáveis, atua abafando e interrompendo a reação em cadeia (ABNT, 1993).
- Gás Carbônico (CO₂) ou Dióxido de Carbono: Extingue o fogo criando uma camada gasosa e isolando o oxigênio. O gás carbônico é um agente limpo, inodoro, que não deixa resíduos e não danifica os equipamentos.
- Espuma Mecânica ou Líquido gerador de Espuma: A espuma mecânica é produzida pelo batimento mecânico de água com extrato proteínico, uma espécie de sabão líquido concentrado. A espuma mecânica tem dupla ação, agindo por resfriamento através da água e por abafamento, através da própria espuma (ABNT, 1993).
- Extintores de agente úmido Classe K ou Halogenado: Extinguem o fogo por resfriamento e pelo efeito asfixiante da espuma (saponificação). Contém uma

solução especial de Acetato de Potássio, diluída em água, que quando acionado, é descarregada com um jato tipo neblina (pulverização).

Em relação a sua estética e apresentação os extintores de incêndio podem dividir-se em:

- Portáteis;
- Não-portáteis;
- De pressurização direta (pressurizado) ou indireta (a pressurizar).

O quadro 2 apresenta as divisões dos extintores de incêndio quanto a sua estética e apresentação e suas principais características.

Quadro 2- Divisão dos extintores com relação a sua estética e apresentação

EXTINTORES DE INCÊNDIO (DIVIDIDOS QUANTO A SUA ESTÉTICA E APRESENTAÇÃO)	
PORTÁTEIS	NÃO-PORTÁTEIS
	
<ul style="list-style-type: none"> — Fácil Manuseio; — Combate a princípios de incêndio em pequenas áreas; — Massa total do agente extintor de até 20 kg; 	<ul style="list-style-type: none"> — Montados sobre rodas para serem transportados por um único operador (ABNT, 2005); — É destinado a uso de áreas internas e externas, e que requerem maior proteção com o deslocamento do equipamento;
PRESSURIZAÇÃO DIRETA	PRESSURIZAÇÃO INDIRETA
	
<ul style="list-style-type: none"> — Modelos em que o agente extintor está permanentemente pressurizado pelo gás expelente (ABNT, 2010; ABNT, 2005); — Esse tipo de pressurização não é controlado pela pessoa que está utilizando o extintor; — Possui obrigatoriamente um manômetro ou indicador de pressão. 	<ul style="list-style-type: none"> — Modelos onde a pressurização do extintor ocorre através de um recipiente que contém o agente extintor, ou seja, uma ampola (ABNT, 2010; ABNT, 2005); — A ampola é um reservatório de armazenamento do gás expelente dos extintores de incêndio de pressurização indireta, a alta pressão. — A pressão no momento de expelir o agente extintor ocorre através da abertura da válvula da ampola.

