



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-
ARIDO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CIRO MAIA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE PREVISÃO DE
DEMANDA EM UM CONTRATO DE SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO**

MOSSORÓ-RN
2014

CIRO MAIA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE PREVISÃO DE
DEMANDA EM UM CONTRATO DE SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA,
Departamento de Ciências
Ambientais e Tecnológicas, para
a obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof. MSc. Miriam
Karla Rocha.

MOSSORÓ-RN
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência

S726a Souza, Ciro Maia de.

Aplicação de técnicas quantitativas de previsão de demanda em um contrato de serviços: um estudo de caso. Ciro Maia de Souza. -- Mossoró, 2014.

90f.: il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Miriam Karla Rocha.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) –
Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de
Graduação.

1. Contratação de serviços. 2. Manutenção. 3. Previsão. I.
Título.

RN/UFERSA/BCOT /131-14

CDD: 346.024

Bibliotecária: Vanessa Christiane Alves de Souza Borba
CRB-15/452

CIRO MAIA DE SOUZA

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE PREVISÃO DE
DEMANDA EM UM CONTRATO DE SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA,
Departamento de Ciências
Ambientais e Tecnológicas, para
a obtenção do título de Bacharel
em Ciência e Tecnologia.

Aprovada em: 27 / 2 / 2014

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. MSc. Miriam Karla Rocha – UFERSA
Presidente

Prof. Dr. André Pedro Fernandes Neto – UFERSA
Primeiro Membro

Prof. MSc. André Duarte Lucena – UFERSA
Segundo Membro

Aos amigos e companheiros de faculdade e da vida, a minha namorada e companheira, a minha orientadora e mestre e principalmente a minha mãe que me transformou no homem que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha mãe Maria Zilma por ter sido tão dedicada e companheira, me guiando e aconselhando, ajudando a moldar minha personalidade e caráter possibilitando que eu assumisse maturidade para fazer minhas próprias escolhas e encontrar sozinho a motivação necessária para seguir em frente.

A toda a minha família que sempre acreditou em mim.

A minha namorada e amiga Ana Carolina, que me traz tanta felicidade e conforto em todos os momentos.

Aos amigos e companheiros de academia Wtson Maiko e Francikelvin Rodrigues por serem profissionais e estudantes exemplares, além de ótimas pessoas. Obrigado por me acompanharem até este ponto e pelo importante laço de parceria criado.

A inteligentíssima professora Me. Miriam Karla pela inigualável solicitude e boa vontade em me orientar nesta importante etapa do curso.

Ao professor Dr. André Pedro pela sua sinceridade e motivação em nos ajudar a sempre melhorar.

A todos os outros companheiros e professores do curso de engenharia de produção, do trabalho e amigos de longa data que fazem parte da minha vida e do meu dia-a-dia, sempre me motivando a buscar meus sonhos. Obrigado!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação de desempenho das previsões anuais para todos os serviços .	55
Tabela 2: Avaliação de desempenho das previsões mensais para todos os serviços	57
Tabela 3: Previsão do ano de 2014 para as duas instancias de tempo.	59
Tabela 4: Monitoramento da previsão para o mês de janeiro de 2014.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modalidades de contratação de serviços terceirizados.	23
Quadro 2: Descrição das cinco etapas de um modelo de previsão de demanda proposto por Tubino (2007).	26
Quadro 3: Avaliação de desempenho das técnicas para a previsão com um ano de antecedência.	56
Quadro 4: Avaliação de desempenho das técnicas para a previsão com um ano de antecedência.	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de Demanda para o Serviço 1-2004/2013.....	49
Gráfico 2: Curva de Demanda para o Serviço 2 - 2004/2013.....	50
Gráfico 3: Curva de Demanda para o Serviço 3 – 2004/2013.....	51
Gráfico 4: Curva de Demanda para o Serviço 1 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013	51
Gráfico 5: Curva de Demanda para o Serviço 2 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013	52
Gráfico 6: Curva de Demanda para o Serviço 3 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013	52
Gráfico 7: Linearização da tendência – Serviço 2 – MAI/2009-DEZ/2013.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma dos Cinco Passos de um Modelo de Previsão de Demanda..	40
Figura 2: Fluxograma Simplificado do Processo de Planejamento e Controle de Manutenção da Empresa Estudada.	48

LISTA DE SIGLAS

EAM	Erro Absoluto Médio
ET	Erro Total
EQM	Erro Quadrático médio
EPM	Erro Percentual Médio

RESUMO

Este trabalho visa verificar a aplicabilidade de técnicas quantitativas de previsão de demanda na contratação de serviços com o objetivo de sugerir um melhor tratamento do que o oferecido hoje aos dados históricos de consumo. Para isto foi realizado um estudo de caso em um contrato de terceirização de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero. O estudo consiste na aplicação de modelos matemáticos para previsão de demanda de três itens deste contrato. Ao longo do estudo de caso são avaliados os desempenhos de varias técnicas e as que melhor se ajustaram foram utilizadas para realizar previsões para o ano de 2014. Conclui-se, a partir dos resultados obtidos no estudo de caso, que as técnicas sugeridas podem se tornar ferramentas importantes na gestão de contratos de serviço pelo fato de serem de simples aplicação, baixo custo, e de atenderem ao patamar de precisão demandado pelo contexto da empresa.

Palavras-chave: previsão, contratação de serviços, manutenção.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	JUSTIFICATIVA	18
3	OBJETIVOS	21
3.1	Objetivo Geral.....	21
3.2	Objetivos Específicos	21
4	REFERENCIAL TEÓRICO	22
4.1	Terceirização da Manutenção	22
4.2	Previsão de Demanda.....	24
4.2.1	<i>Conceito e etapas de um modelo de previsão</i>	<i>25</i>
4.2.2	<i>Técnicas de previsão</i>	<i>26</i>
4.2.3	<i>Monitoramento do modelo.....</i>	<i>34</i>
5	MÉTODO DE PESQUISA.....	39
5.1	Levantamento Bibliográfico	39
5.2	Implementação Do Modelo	39
5.2.1	<i>Objetivo do modelo</i>	<i>40</i>
5.2.2	<i>Coleta e análise de dados.....</i>	<i>41</i>
5.2.3	<i>Seleção da técnica de previsão.....</i>	<i>42</i>
5.2.4	<i>Obtenção da previsão</i>	<i>44</i>
5.2.5	<i>Monitoramento do modelo.....</i>	<i>44</i>
6	DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO	46
6.1	Descrição Do Processo Estudado	46
6.2	Tratamento Dos Dados	48
6.3	Medição Da Eficiência Das Técnicas Utilizando Dados Históricos	53
6.3.1	<i>Previsão anual</i>	<i>53</i>
6.3.2	<i>Previsão mensal</i>	<i>57</i>
6.4	Obtenção Da Previsão	58
6.5	Monitoramento Do Modelo	59
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

O planejamento é uma etapa da produção que envolve todos os departamentos de uma organização, tanto de maneira formal como informal. Além de existirem diversas áreas onde o planejamento pode atuar, como produção, recursos humanos e financeiros, o horizonte de tempo coberto também pode variar. Em cada caso níveis diferentes de detalhamento serão demandados, e diferentes níveis de precisão poderão ser obtidos, precisão esta que decresce na medida em que o horizonte de tempo aumenta. Uma importante base comum a todo planejamento é a previsão de demanda, que pode ser definida como um processo racional de busca de informações acerca do valor de vendas futuras de um item ou de um conjunto de itens (MOREIRA, 2011).

As principais decisões financeiras, comerciais e operacionais são tomadas com base nas previsões de níveis de consumo realizadas (LUSTOSA et al., 2008). Logo, todos os recursos necessários para o futuro serão dimensionados com base nestas previsões, com isto, pode-se reconhecer a grande importância de uma organização possuir um sistema confiável de previsão de demanda para garantir a sua competitividade, seu cumprimento de prazos e o constante acompanhamento de sua produtividade. Souza (2009) define que a programação dos serviços é a definição final de execução destes, é quando se coloca as atividades planejadas numa escala de tempo atendendo as necessidades de produção e operação com base na disponibilidade dos equipamentos. A previsão de demanda, para Lustosa et al. (2008), Moreira (2011) e Tubino (207), é uma importante etapa para a programação de operações pois é uma das principais ferramentas que possibilita a antecipação do montante a ser demandado e do comportamento futuro desta demanda possibilitando um planejamento mais eficiente.

O dimensionamento de recursos humanos é um importante passo no planejamento da produção, pois estes não são recursos de simples

aquisição. A legislação trabalhista, principalmente no Brasil, define toda uma série burocrática tanto para contratação como para o desligamento de pessoas e ainda obriga o pagamento de uma extensa lista de impostos e benefícios, aumentando o custo deste tipo de recurso. Por isto que a empresa, quando pretende se planejar para o futuro, principalmente no que diz respeito a médios prazos, precisa possuir uma previsão de demanda precisa o bastante, garantindo que seus recursos humanos possam ser bem dimensionados, de modo a evitar custos desnecessários, e também que sejam contratados com bastante antecedência, evitando atrasos no cumprimento do programa de produção.

Este trabalho almeja utilizar a previsão de demanda em um ambiente interno de uma empresa do ramo petrolífero. Desta forma, possibilitará um melhor dimensionamento dos recursos humanos na relação cliente-fornecedor entre os departamentos de operação da produção e manutenção.

Os métodos quantitativos de previsão de demanda tem como base a avaliação matemática de dados referentes a consumo de itens no passado, construindo relações estatísticas que podem prever, com determinados percentuais de erro, o comportamento futuro deste consumo, desde que os fatores influenciadores da demanda se mantenham ao longo do tempo coberto pela previsão (LUSTOSA et al., 2008).

Existe um tipo específico de contratação na terceirização da manutenção chamado de contratação de serviços. Este tipo de contratação remunera a empresa contratada por unidade de serviço prestado, sendo a contratada a responsável técnica pela execução dos serviços (KARDEC, 2013). Nesta modalidade de contratação o contrato em si é construído tendo como objeto os tipos de serviços a serem executados pela contratada, cada um destes possuindo um preço específico calculado com o auxílio de previsões estatísticas da demanda deste serviço ao longo do contrato e utilizando também os próprios custos diretos e indiretos da contratada.

Este estudo de caso tem como objetivo geral sugerir um método de aplicação de métodos quantitativos de previsão de demanda, com base na literatura, em dados reais obtidos do software ERP de uma empresa

petrolífera com a intenção de obter informações confiáveis acerca da demanda futura, sugerindo assim uma abordagem diferenciada no planejamento tanto da contratante como da contratada, já que os itens de contrato são serviços, e não bens tangíveis.

Apesar do trabalho se limitar a sugerir o método de implementação do modelo de previsão baseado na literatura e realizar previsões com o intuito de testar o método, vale ressaltar que tal aplicação de conhecimento possui um bom potencial de melhorar o processo, pois, devido ao tratamento simplificado do histórico de dados, os contratos não somente da empresa estudada, mas de muitas outras, também sofrem pelo fato de não serem muito precisos na previsão de consumo e nem na distribuição deste ao longo do contrato, logo, uma maior sofisticação na previsão destes dados pode permitir a ambas as partes do contrato uma visão muito mais aproximada do consumo de cada item componente do objeto do contrato ao longo do tempo, podendo prever receitas, custos, viabilizar análises de risco mais precisas e até o próprio planejamento de capacidade de ambas as empresas. Ao observar os problemas associados a uma previsão simplificada de consumo de itens durante a elaboração e a própria gestão de um contrato de serviços este estudo deverá ser capaz de responder se é viável e útil à aplicação de ferramentas simples de previsão de demanda neste tipo de contratação.

O trabalho se divide em seis partes iniciando-se com a introdução, na qual é apresentada a contextualização do problema, seguido da apresentação da justificativa para abordagem deste tema e aplicação deste estudo de caso num trabalho científico, o objetivo geral e objetivos específicos deste trabalho, logo após é apresentado o referencial teórico construído para se obter o embasamento científico necessário para elaboração deste estudo e logo depois, em outra seção, é descrito o método científico utilizado por este estudo e como foram implementados os cinco passos para aplicação de modelos de previsão de demanda proposto por Tubino(2007) na empresa alvo do estudo. Por ultimo se apresentam as seções principais deste trabalho que seriam a descrição do estudo de caso e apresentação de seus resultados seguida da ultima seção onde são

discutidos estes resultados, observados os pontos positivos do estudo e sugestões de linhas de pesquisa que poderiam partir deste trabalho.

2 JUSTIFICATIVA

Moreira (2009) destaca que o planejamento é uma atividade comum e que deve ser praticada por empresas de todos os portes, de modo que nenhuma instituição será bem sucedida e produtiva sem planejar suas operações. Para o mesmo autor, uma previsão, por mais que imperfeita, sempre é necessária para que se possa saber o que se deve esperar para o futuro, e no caso da demanda isto é imprescindível. O consumo gera a renda e, além disso, alinha a empresa cada vez mais na direção dos anseios do cliente, ou seja, rumo à qualidade. Logo, para que seja aproveitado ao máximo este parâmetro, não somente o consumo passado deve ser estudado, mas, se possível, também o comportamento futuro deverá ser previsto e levado em conta, pois uma empresa não somente precisa se manter em constante melhoria como também deve ser capaz olhar para frente na linha do tempo e saber o que esperar e como se preparar para isto, tornando-se assim mais competitiva.

A contratação de serviços demonstra uma razoável melhora na produtividade quando comparada com a modalidade de contratação de mão-de-obra, já que o ônus de uma baixa produtividade compromete o ganho da contratada (KARDEC, 2013), logo, a aplicação da previsão quantitativa de demanda na contratação de serviços apresenta-se viável principalmente pelo fato de o objeto de contrato neste tipo de contratação se apresentar como o próprio serviço, ou seja, cada serviço específico coberto pelo contrato é medido através de um item de preço único, além do que a previsão de consumo destes itens seria de total interesse da contratada que poderia prever seus faturamentos futuros.

Para a contratante a previsão do consumo de itens de contrato pode auxiliar a gestão deste de diversas maneiras, como por exemplo, na orçamentação que ocorre durante a elaboração ou também pode até aumentar a precisão no dimensionamento de aditivos de contratos. A principal hipótese deste estudo de caso é que o consumo de tais itens pode

ser previsto utilizando-se técnicas quantitativas de previsão de demanda baseadas em séries temporais e que a informação proveniente destas previsões é uma importante ferramenta para o planejamento de ambas as partes do contrato.

Hoje na empresa estudada são utilizados para elaboração e gestão dos contratos de manutenção somente os dados de consumo total de cada item durante o tempo de vigência dos contratos passados, ou seja, não é prevista a variação que este consumo poderá ter durante a execução do contrato, mas sim somente o quanto ele terá de demanda na totalidade, esta abordagem simplificada limita o poder que ambas as partes tem de prever o fluxo de caixa que poderá ocorrer ao longo do ano, assim, dependendo do comportamento da demanda de cada item e de sua representatividade no contrato, o faturamento da contratada, e consequentemente o gasto da contratante, podem variar bastante, já que a medição e o pagamento são mensais. Tal variação pode comprometer a estabilidade econômica da contratada, pois, dependendo de seu porte, em caso de o faturamento de algum mês ou conjunto de meses ao longo do ano for muito abaixo do previsto à empresa poderá ter dificuldades em manter em dia suas dívidas e até o salário de seus funcionários.

A previsão um pouco mais acurada do consumo de itens num contrato de manutenção também pode diminuir o risco do contrato. Como normalmente estes contratos são previstos para vigências entre três e quatro anos, dependendo da acurácia da previsão de consumo de itens, o caixa do contrato pode ser consumido muito rapidamente ou pode possuir um saldo positivo muito alto ao fim da vigência, tais ocorrências são prejudiciais tanto à contratada como à contratante, pois um faturamento muito abaixo da média acarretando num caixa positivo no final do contrato pode comprometer o equilíbrio financeiro da contratada, pois antes de assumir o contrato esta contou com o faturamento de todo o caixa quando previu seus recursos a serem investidos, logo, um faturamento abaixo do esperado poderia fragilizar a margem de lucro da contratada e até mesmo causar prejuízos. Já um faturamento acima do previsto pode encurtar a duração do caixa do contrato o que é muito prejudicial a contratante pelo

fato de que esta, para manter a continuidade dos serviços, deverá providenciar um aditivo para o contrato, acarretando em mais custos, representado uma falha em seu planejamento estratégico. Logo, pode-se concluir que uma previsão mais acurada do consumo de um contrato ao longo de sua vigência pode garantir um planejamento mais preciso das partes envolvidas, evitando prejuízos tanto à contratada como à contratante, e também diminuindo o risco do contrato e garantindo a qualidade dos serviços contratados.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Aplicar um método de implementação de modelos de previsão de demanda utilizando técnicas quantitativas baseadas em séries temporais em um contrato de serviços do setor de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero, avaliando a aplicabilidade da previsão quantitativa de demanda neste tipo de contratação.

3.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar as sugestões de método e outras recomendações para implementação de modelos de previsão de demanda presentes na literatura;
- b) Aplicar o método sugerido aos dados históricos de demanda de serviços num departamento de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero, selecionando as técnicas mais apropriadas para cada caso;
- c) Avaliar a aplicabilidade dos resultados obtidos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentados os conhecimentos teóricos presentes na literatura mais contemporânea acerca dos temas abordados no estudo.

4.1 Terceirização da Manutenção

Vários são os tipos de terceirização existentes tanto na esfera pública como na privada, mas em geral os motivos da contratação são os mesmos. As empresas têm três modalidades básicas de atividades (KARDEC, 2013):

- Atividades-fim: atividade vocação da organização, razão de ser do negócio;
- Atividades-meio: atividades intimamente ligadas as atividades fim;
- Atividades Acessórias: atividades de apoio a empresa como um todo, não intimamente ligadas a atividade-fim.

A alta competitividade dos mercados, a grande diversidade tecnológica e a rápida evolução tem favorecido fortemente a especialização. Este e outros fatores, como otimização de custos, contribuíram e ainda contribuem para a crescente tendência mundial de terceirização. Esta tendência é especialmente forte na manutenção, pois esta é uma área estratégica das empresas, e que pela complexidade técnica exige altos níveis de especialização e complexas ferramentas de gestão além de massivos recursos financeiros (KARDEC, 2013).

O setor de petróleo é o tipo de negócio que mais terceiriza manutenção no Brasil. Segundo dados de 2011, no percentual de custos de

serviços de terceiros em relação ao custo total da manutenção, o setor petrolífero lidera com 44% (KARDEC, 2013).

São três as modalidades de contratação ocorrentes na terceirização da manutenção (KARDEC, 2013), a seguir estas são apresentadas em um quadro:

Quadro 1: Modalidades de contratação de serviços terceirizados.

MODALIDADE DE CONTRATAÇÃO	DESCRIÇÃO
CONTRATAÇÃO DE MÃO-DE-OBRA	A contratada é remunerada pelo número de horas-homem disponibilizadas a serviço da contratante. Esta modalidade é a mais antiquada e ineficiente das três, dentre outras desvantagens tem-se o maior índice de acidentes, baixa qualidade dos serviços, mão-de-obra pouco qualificada, interferência da contratante na administração da atividade contratada e altos riscos trabalhistas.
CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS	A contratada é remunerada por unidade de serviço prestado. Esta modalidade representa uma melhoria importante em relação a contratação de mão de obra, entre as vantagens tem-se: melhor qualificação de pessoal já que em casos de mão-de-obra pouco qualificada a ocorrência de retrabalho é frequente e a contratada é que terá de arcar com os custos desta, maior qualidade, atendimento melhor e mais ágil, já que a contratada ganha de modo proporcional a quantidade de serviços executados. Porém esta modalidade ainda não é ideal e possui uma desvantagem séria, o antagonismo de objetivos. Este vem do fato de que um dos objetivos da contratante é a maior disponibilidade dos equipamentos, e uma das resultantes de tal coisa é a diminuição na demanda de serviços, por outro lado, quanto maior a demanda de serviços maior o lucro da contratada. Esta situação pode comprometer dois dos principais requisitos para uma terceirização bem sucedida na manutenção, a parceria entre as empresas e a política do ganha/ganha.
CONTRATAÇÃO POR RESULTADOS	A contratada é remunerada com base num sistema diferenciado que a partir do cumprimento de um determinado patamar de um índice, por exemplo, a disponibilidade, existe toda uma metodologia de premiação para obtenção de bons resultados. Nesta modalidade existe uma parceria entre as empresas, pois o objetivo destas é comuns, e ambas ganham com o alcance de resultados.

Fonte: Kardec (2013).

A modalidade de contratação presente na empresa estudada é a contratação de serviços, que representa a segunda modalidade mais comum no Brasil, com 30% de incidência (KARDEC, 2013).

4.2 Previsão de Demanda

Para Makridakis (1998) a previsão é uma parte de suma importância para a gestão. Para o autor a necessidade de realizar previsões aumenta na medida em que a organização se esforça para minimizar sua dependência na casualidade e torna-se mais científica na sua relação com os fatores externos. Makridakis (1998) ainda cita três áreas nas quais a previsão fornece grandes contribuições:

- a) Planejamento: o uso eficiente de recursos requer o planejamento da produção, transporte, recursos financeiros e humanos, etc. Para este conceito a previsão seria vital para um bom planejamento;
- b) Aquisição de recursos: o *lead time* para aquisição de bens, serviços ou pessoas pode variar de meses a anos. De modo a otimizar este processo a previsão seria importante no sentido de poder-se antecipar a quantidade que será demandada em determinado período no futuro;
- c) Determinação dos requisitos dos recursos: toda organização necessita definir quais bens deseja adquirir no longo prazo. Tais decisões dependem de oportunidades no mercado, fatores ambientais, etc. Para determinar todos estes fatores garantindo sucesso na determinação dos requisitos do recurso, um bom sistema de previsão é necessário.

Dada a importância da previsão e o seu destacado potencial de contribuição para os processos de gestão e tomada de decisão, a seguir serão apresentados o conceito e os objetivos da previsão de demanda, a

definição dos modelos matemáticos e dos tipos de erro que serão utilizados neste trabalho e como deve ocorrer o monitoramento de modelos de previsão de demanda.

4.2.1 Conceito e etapas de um modelo de previsão

A previsão de demanda é a base do planejamento estratégico de uma empresa. Partindo deste ponto as empresas desenvolvem planos de capacidade, dimensionam os recursos humanos necessários, o fluxo de caixa, entre outros (TUBINO, 2007).

Para Tubino (2007), um modelo de previsão de demanda pode ser dividido em cinco etapas básicas. Este classificou cada etapa com relação às seguintes características:

Quadro 2: Descrição das cinco etapas de um modelo de previsão de demanda proposto por Tubino (2007).

ETAPA	DESCRIÇÃO
OBJETIVO DO MODELO	A primeira etapa, objetivo do modelo, consiste na definição da razão pela qual se necessita de uma previsão de demanda, que produto fara parte do estudo, qual o grau de erro permitido e a faixa de tempo a ser estudada. Todas estas informações estão ligadas a importância do produto
COLETA E ANÁLISE DE DADOS	A segunda etapa consiste em coletar e analisar os dados para poder avaliar qual modelo de previsão é o mais adequado. A coleta de dados possui alguns cuidados básicos a serem adotados, como: quantos mais dados coletados melhor, variações extraordinárias na demanda devem ser substituídas por valores médios, o tamanho do horizonte de previsão desejado tem forte influencia no modelo a ser escolhido e no tratamento de variações anormais, etc.
SELEÇÃO DA TÉCNICA DE PREVISÃO	Na terceira etapa, seleção da técnica de previsão, deve ser avaliado com cuidado o custo da técnica a ser adotada e o benefício que um modelo ativo de tal técnica pode trazer a empresa. Técnicas com alta acurácia podem ser muito caras, necessitando de uma avaliação custo benefício da utilização de tal técnica, relacionando o quanto se esta disposto a gastar no modelo de previsão e quanto custa seu erro. Outros fatores também podem influenciar na escolha como alguma experiência que se tenha com a técnica escolhida, a disponibilidade de dados, a disponibilidade de tempo, etc.
OBTENÇÃO DAS PREVISÕES	Com a definição da técnica, agora podem ser obtidos os valores de previsão com base em dados históricos. É importante atentar que quão maior é o horizonte de previsão menor a confiabilidade da demanda prevista.
MONITORAMENTO DO MODELO	Por fim, na medida em que a demanda real alcançar a previsão, o erro deve ser calculado e acompanhando período a período para se avaliar a eficácia do modelo sugerido. O erro acumulado deve tender a zero. Em geral, alguns ajustes em certos parâmetros para que estes reflitam as tendências mais recentes já é suficiente, mas em certos casos mudanças no modelo e até mesmo de técnica podem ser necessárias.

Fonte: Tubino (2007)

4.2.2 Técnicas de previsão

A variedade de técnicas de previsão de demanda é grande, e algumas são bastante diferentes podendo ser aplicadas nos mais diversos

casos. Porém, para Tubino (2007), existem algumas características comuns a todas estas técnicas:

- a) é necessário supor que os mesmos fatores que influenciaram a demanda no passado continuarão a agir no futuro;
- b) a acurácia das previsões é diminuída na medida em que o horizonte de tempo a ser previsto cresce;

entre outras.

As técnicas de previsão se dividem principalmente em dois grupos principais, as técnicas qualitativas e as técnicas quantitativas. Tubino(2007) divide as técnicas quantitativas em dois grandes grupos, as técnicas baseadas em séries temporais e as técnicas baseadas em correlações. Nesta seção serão descritas e definidas formalmente as técnicas quantitativas baseadas em séries temporais.

As previsões baseadas em séries temporais partem do princípio de que a demanda futura se comportará como uma projeção dos valores do passado, sem sofrer grandes influências de outras variáveis, este é um tipo simples de modelagem, mas que quando bem empregado obtém bons resultados (TUBINO, 2007). Para montar este tipo de modelo é necessário plotar os dados e observar os fatores que influenciam o comportamento da curva obtida. Um gráfico de previsão temporal pode conter, segundo Tubino(2007):

- a) Tendência: movimento gradual, geralmente de longo prazo, que direciona os dados;
- b) Sazonalidade: variações cíclicas, em geral de curto prazo, relacionadas a fatores como clima ou férias;
- c) Variações irregulares: variações na demanda passada causadas por fatores excepcionais como greves, catástrofes climáticas, etc. Elas devem ser substituídas pela média para que não influenciem na previsão;
- d) Variações randômicas: oscilações normais da demanda que são tratadas pela média.

Existem técnicas para tratamento de média, tendência e sazonalidade que na maior parte dos casos são implementadas em conjunto.

4.2.2.1 *Previsão de média*

Para Tubino(2007), a média absorve oscilações normais da demanda permitindo uma previsão com menor variabilidade do que os dados originais.

Dois modelos principais de previsão de média citados por Tubino(2007) são apresentados na definição descrita por Lustosa et al.(2008).

4.2.2.1.1 Média móvel

Um dos métodos mais simples para obtenção da previsão do comportamento da demanda em um período no futuro é a obtenção da média aritmética de “n” períodos anteriores a previsão, assim suavizando os resultados desta. A medida que o tempo avança o valor mais novo é incorporado a série enquanto que o mais antigo é descartado por isto denominando a técnica de média móvel (LUSTOSA et al., 2008).

$$F_t(t+k) = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

onde:

k = 1, 2, 3...,

D_t - demanda real no período t;

n - quantidade de períodos considerada

4.2.2.1.2 Suavização exponencial simples

Para aplicação desta técnica deve-se supor que a demanda oscila em torno de um patamar ou uma base constante de demanda. Partindo de um valor inicial previamente selecionado a base é corrigida a cada período conforme os dados mais recentes da demanda são incorporados a série, com isto é admitido um peso maior aos dados mais recentes e aos dados mais antigos da série são admitidos pesos cada vez menores. O ajuste é realizado através da ponderação do erro da previsão anterior pela utilização de um parâmetro chamado constante de suavização, α . Tal parâmetro pode variar entre 0 e 1. A previsão de demanda futura para este modelo é simplesmente a última estimativa da base para qualquer instante futuro com relação ao último dado real (LUSTOSA et al., 2008).

$$B = \alpha D_t + (1 - \alpha)B_{t-1}$$

$$F_t(t + k) = B_t$$

onde:

B_t - base ao final do instante t ,

D_t - demanda do período t ,

α – constante de suavização,

$F_t(u)$ – previsão final do período t para o período u ($u > t$).

4.2.2.2 Previsão de tendência

A previsão de tendência tem o objetivo de encontrar a equação que descreva o movimento gradual a longo prazo da demanda, que pode ser linear, exponencial, logarítmica, etc. Para Tubino (2007) existem duas técnicas principais para tratar previsão de tendência, a primeira, a regressão linear é apresentada na definição de Tubino (2007) e a segunda, suavização exponencial com tendência (método de Holt), semelhante ao ajustamento exponencial para tendência de Tubino(2007), é apresentado na definição de Lustosa et al.(2008).

4.2.2.2.1 Equação Linear para Tendência

Para equacionar linearmente os dados na forma:

$$Y=bX+a$$

Com:

Y = previsão de demanda para o período;

a = intersecção do gráfico no eixo Y;

b = coeficiente angular;

X= demanda real.

Onde os coeficientes “a” e “b” podem ser encontrados da seguinte forma:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(\sum Y - b(\sum X))}{n}$$

Onde:

n = número de períodos observados.

4.2.2.2.2 Suavização exponencial com tendência (método de Holt)

Esta técnica é um desenvolvimento a partir da suavização exponencial simples, nela é adicionada uma segunda variável que refletirá o crescimento da demanda de um período para o outro e, de forma semelhante a base, será atualizada exponencialmente a cada demanda real incorporada e será aplicada ao cálculo da previsão conforme a seguir (LUSTOSA et al., 2008):

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

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

Sendo que:

$$F_t(t + k) = B_t + kT_t$$

onde:

D_t – demanda do período t ,

B_t – base ao final do instante t ,

T_t – tendência ao final do instante t ,

α - constante de suavização para Base,

β – constante de suavização para Tendência,

$F_t(u)$ – previsão ao final do período t para o período u ($u > 0$).

4.2.2.3 *Previsão de sazonalidade*

Para previsão de sazonalidade podem ser aplicadas duas técnicas principais encontradas na literatura consultada para realização deste estudo de caso: a sazonalidade simples, descrita pela definição de Tubino(2007) e o método Holt-Winters, descrito na definição de Lustosa et al.(2008). A sazonalidade simples pode ser aplicada para curvas com influencia somente de sazonalidade ou para curvas influenciadas tanto por sazonalidade e tendência, a suavização exponencial com tendência e sazonalidade, ou modelo Holt-Winters, pode prever estes dois tipos de fatores ao mesmo tempo.

4.2.2.3.1 Sazonalidade simples

A forma mais simples de previsão de sazonalidade consiste em tomar o ultimo dado do período sazonal e toma-lo como previsão. O índice de sazonalidade apresenta-se como a forma mais usual de inclusão desta sazonalidade na previsão de demanda. O índice de sazonalidade é mais comumente calculado como a divisão da demanda real do período pela média móvel centrada no período em questão, este cálculo é feito para vários períodos, posteriormente sendo aplicada a tendência media prevista do período (TUBINO, 2007).

Tubino (2007) descreve a sazonalidade simples como uma técnica que consistem em obter o índice de sazonalidade para cada período da série, utilizando o histórico de dados, e posteriormente aplicando-o em cima da previsão média para cada um destes períodos. O índice pode ser calculado dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada neste mesmo período. O ideal, quando se possui dados históricos

suficientes, é que sejam calculados diversos índices de sazonalidade e que a média destes seja utilizada para a previsão,

$$IS_t = \frac{Mmc_t}{D_t}$$

$$Mmc_t = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

onde:

IS_t - índice de sazonalidade para o período t ,

D_t - demanda do período t ,

Mmc_t - média móvel centrada no período t ,

i - índice do período ($i= 1,2,3\dots$),

n - número de períodos centrados no período t .

Para a previsão de sazonalidade com tendência Tubino(2007) recomenda quatro passos principais:

- Obter o índice de sazonalidade utilizando a média móvel centrada;
- Dividir o valor da demanda nos períodos passados pelo índice de sazonalidade, deste modo eliminando a influencia desta nos dados;
- Com os novos dados deve-se desenvolver uma equação que determine o direcionamento da tendência;
- Com a equação obtida deve-se fazer a previsão da demanda e logo após multiplica-la pelo índice de sazonalidade.

4.2.2.3.2 Suavização exponencial com tendência e sazonalidade (modelo Holt-Winters)

O modelo Holt-Winters incorpora, além de tendência, um componente de sazonalidade. Definindo um índice de sazonalidade para cada período que representa a proporção entre a demanda média do período e a

demanda média anual pode-se obter através desta técnica um componente de sazonalidade que também é atualizado exponencialmente (LUSTOSA et al., 2008),

$$B_t = \alpha \left(\frac{D_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1})$$

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

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

$$F_t(t + k) = (B_t + kT_t)I_{t-L+k}$$

onde:

$k = 1, 2, 3, \dots$,

D_t – demanda do período t ,

B_t – base ao final do instante t ,

T_t – tendência ao final do instante t ,

I_t – índice de sazonalidade do instante t ,

α – constante de suavização para base,

β – constante de suavização para a tendência,

γ – constante de suavização para sazonalidade,

$F_t(u)$ – previsão ao final do período t para o período u ($u > t$).

4.2.3 Monitoramento do modelo

Nesta seção serão apresentados os objetivos em calcular os erros de previsão, as definições formais dos modelos de cálculo de erro e um método de monitoramento de modelos de previsão de demanda utilizando o controle estatístico de processos.

4.2.3.1 *Objetivos e tipos de erro*

Depois de escolhido o modelo Tubino (2007) destaca a necessidade de se manter o modelo atualizado, com relação aos parâmetros, utilizando de um metodo eficiente de monitoramento. Esta monitoração é realizada através do calculo e acompanhamento dos erros de previsão, com diversas definições diferentes. Tubino (2007) destaca três objetivos principais do monitoramento:

- a) Verificar acurácia da previsão;
- b) Verificar, isolar e corrigir variações anormais;
- c) Permitir a seleção das melhores técnicas e parâmetros.

Leonardo Lustosa et al.(2008) define cinco erros que podem ser utilizados para monitoramento e avaliação de eficácia de modelos de previsão de demanda:

4.2.3.1.1 Erro de Previsão

Diferença entre o valor real e o valor previsto para demanda no período correspondente. Erros de previsão maiores que zero indicam que a previsão foi maior que a demanda real, caso sejam menores que zero indicam que a previsão foi menor que a demanda real:

$$E_t = D_t - F_t$$

E_t = erro de previsão;

D_t = valor real;

F_t = valor previsto da demanda.

4.2.3.1.2 Erro Médio

Tomando-se “n” períodos consecutivos pode-se calcular o erro médio:

$$EM = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)}{n}$$

Onde:

D_t = valor real,

F_t = valor previsto da demanda,

n = número de períodos.

O EM deve aproximar-se o máximo de zero para n grande, pois, numa condição de previsão relativamente eficiente os erros positivos se anularão com os erros negativos (LUSTOSA et al., 2008).

4.2.3.1.3 Erro Absoluto Médio e Erro Quadrático Médio

Estes dois índices calculam a dispersão da previsão em torno dos valores reais. O Erro Absoluto Médio calcula a média sem sinal dos desvios absolutos, já o Erro Quadrático Médio calcula a média dos quadrados dos desvios, de forma similar a variância estatística (LUSTOSA et al., 2008):

$$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n}$$

Onde:

D_t = valor real;

F_t = valor previsto da demanda.

n = número de períodos.

Admitindo que os desvios comportem-se como uma distribuição normal e que a previsão não sofra influencia de tendência, pode-se prever

probabilidades de erro baseadas no valor de EAM (Lustosa, Mesquita, Quelhas, & Oliveira, 2008):

- a) ± 1 EAM em relação à média, com 60% de probabilidade.
- b) ± 2 EAM em relação à média, com 90% de probabilidade.
- c) ± 3 EAM em relação à média, com 98% de probabilidade.

Para o EQM temos a definição matemática:

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

O EQM dá um peso maior para os erros maiores e para os menores ocorre o contrário. Sua única desvantagem é que a unidade resultante do cálculo não é a mesma dos dados originais (LUSTOSA et al., 2008).

4.2.3.1.4 Erro Percentual Absoluto

Uma alternativa ao Erro Absoluto Médio é o Erro Percentual Absoluto, calculado pela fórmula (LUSTOSA et al., 2008):

$$EPAM = \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right|$$

D_t = valor real;

F_t = valor previsto da demanda.

n = número de períodos.

4.2.3.2 *Controle estatístico de processos para monitoramento do erro absoluto médio*

O modelo de previsão de demanda é um processo que gera resultados mensuráveis (previsão) que desviam de um esperado padrão (demanda real). Logo, pode-se utilizar o controle estatístico de processos para um monitoramento mais apurado do modelo de previsão de demanda, plotando o erro no gráfico a cada nova previsão. Para o limite superior e inferior é recomendada a utilização de um valor quatro vezes maior que o EAM, o que equivale a três vezes o seu desvio padrão. Cada ponto fora dos limites deve ser investigado com o objetivo de verificar se o modelo ainda se aplica ao comportamento da demanda (TUBINO, 2007).

5 MÉTODO DE PESQUISA

Para Ganga(2012) o propósito de um estudo de caso é promover a construção, teste e ampliação de teorias e também a melhor compreensão de um fenômeno em seu contexto real. Este trabalho tem o objetivo de aplicar e avaliar a aplicabilidade de ferramentas quantitativas de previsão de demanda em históricos de consumo de itens de contratos de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero. Logo, pode-se caracterizar este trabalho como um estudo de caso de resultados qualitativos com uma abordagem de avaliação, objetivando avaliar a eficiência de técnicas quantitativas simples na previsão de consumo de itens de contratos de manutenção, e para isto será aplicado o método dos cinco passos proposta por Tubino(2007) para implementação de modelos de previsão de demanda.

Neste capítulo serão discutidas as principais etapas do estudo e como foram aplicados os cinco passos sugeridos por Tubino(2007).

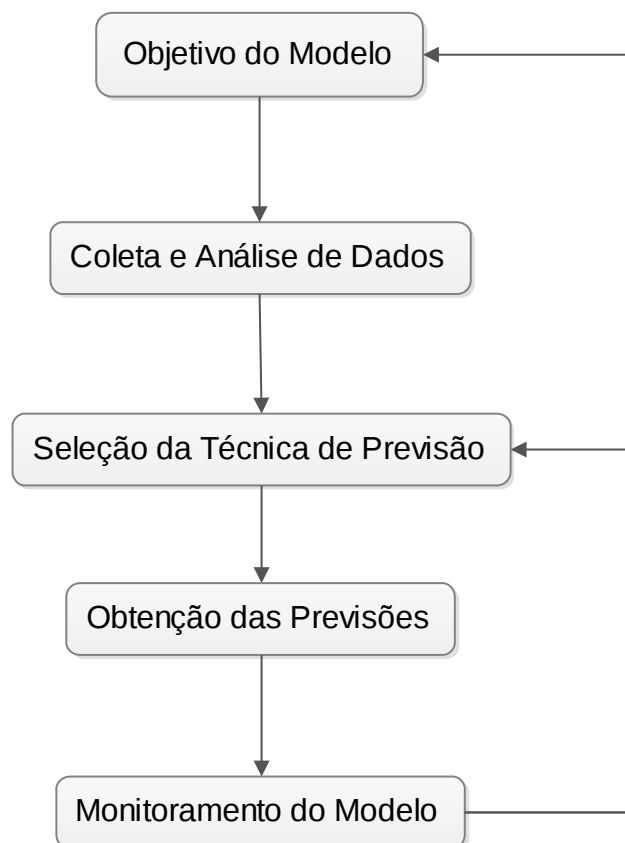
5.1 Levantamento Bibliográfico

Nesta etapa do estudo foi realizada uma revisão bibliográfica a cerca da terceirização da manutenção e das técnicas de previsão de demanda. Foram consultados alguns autores referencia nestas áreas de modo a se obter base teórica para aplicação das técnicas quantitativas utilizando algum método já sugerido pela literatura. Tubino(2007) define uma fluxograma de cinco passos para implementação destes modelos apresentado na figura 1.

5.2 Implementação Do Modelo

Nesta seção serão descritas com cada um dos passos sugeridos por Tubino(2007) foram aplicados neste estudo de caso. A seguir é apresentado o fluxograma proposto pelo autor:

Figura 1: Fluxograma das Cinco Etapas de um Modelo de Previsão de Demanda



Fonte: Tubino (2007)

5.2.1 *Objetivo do modelo*

O modelo de previsão a ser implementado deverá tratar dados do histórico de um departamento de manutenção de uma empresa petrolífera. Tal empresa terceiriza sua execução de manutenção através do método de contratação de serviços, cujo contrato tem como objeto itens de preços

unitários referentes a cada atividade de manutenção a ser executada nos equipamentos definidos no escopo do contrato.

O objetivo do modelo de previsão aqui sugerido é o de prever, com base no histórico obtido do software ERP da empresa, o consumo destes itens ao longo do contrato corrente ou mesmo para elaboração de um contrato futuro. Tal previsão é importante tanto para a contratada como para a contratante, especificamente neste tipo de contratação, pois possibilita que sejam previstos:

- a) receitas e custos;
- b) recursos humanos mínimos para atendimento das definições do contrato;
- c) previsão de consumo de insumos de manutenção.

A previsão de consumo dos itens de contrato também facilita bastante um dos trabalhos mais importantes a serem realizados durante a elaboração do contrato que é a orçamentação, que se baseia somente nestas previsões para elaborar preços e calcular o valor total do contrato.

5.2.2 Coleta e análise de dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos através de uma transação do sistema ERP que exibe uma lista das ordens de manutenção que podem ser filtradas por data, status, conteúdo de texto, etc. No caso específico deste trabalho, as ordens de manutenção selecionadas para fazer parte do histórico foram filtradas por data (a partir de 1 de outubro de 2003 até 31 de dezembro de 2013), status de sistema (ordens com execução confirmada e item devidamente medido e pago) e por item medido (diferenciando qual serviço foi executado).

Como a contratação nesta empresa se dá por disciplina, ou seja, cada área de manutenção como mecânica elétrica e caldeiraria têm o seu

contrato exclusivo, elaborado e licitado exclusivamente para execução de serviços em seu campo específico, os dados coletados para este trabalho são provenientes de um histórico de uma única disciplina e foram selecionados para estudo somente os dados referentes aos serviços cujos itens tinham maior representatividade no contrato tanto no que se refere a faturamento como também a quantidade de recursos alocados para sua execução.

5.2.3 Seleção da técnica de previsão

Tubino(2007) sugere que neste passo devam ser aplicadas as técnicas mais acessíveis a empresa e que o desempenho destas técnicas deve ser avaliado com relação ao desvio desta previsão e de sua sensibilidade a mudanças de comportamento na curva de demanda.

As técnicas aplicadas neste estudo foram:

- a) Sazonalidade simples;
- b) Sazonalidade simples com tendência;
- c) Suavização exponencial simples;
- d) Suavização exponencial dupla(Holt);
- e) Modelo Holt-Winters.

Os dados coletados para este trabalho possuem um comportamento bastante complexo e as curvas plotadas não apresentam sazonalidades e tendências tão visíveis. Logo, para observar a existência de algum comportamento especial em cada um dos três itens selecionados para previsão de demanda todas as técnicas citadas anteriormente foram aplicadas com o objetivo de verificar se algum dos fatores influenciadores de demanda, tendência ou sazonalidade, se apresentavam mesmo que não tão observáveis numa consulta visual a curva de demanda.

A aplicação destas ferramentas matemáticas de previsão de demanda se dará através de duas abordagens diferentes, a previsão para um horizonte de um ano e a previsão com horizonte de um mês de antecedência.

Para avaliação do desempenho das técnicas para as duas instancias são realizadas primeiramente previsões para todo o ano de 2013 utilizando todos os dados obtidos até o período de dezembro de 2012. Para a segunda abordagem são realizadas previsões ao longo do ano de 2013 incorporando ao modelo os valores de demandas reais mês a mês, ou seja, na segunda abordagem o modelo foi alimentado com o dado real do período mais recente e a previsão somente era realizada para o mês seguinte. Este método foi utilizado com o objetivo de medir a eficiência das técnicas em ambos os casos, ou seja, em prever longos e curtos horizontes de tempo.

Para otimização de cada modelo foram minimizados os erros utilizando o suplemento Solver do software Excel que tomou os parâmetros suavização de base, tendência e sazonalidade de técnica como variável controlada. Para que as técnicas fossem selecionadas foram comparados os erros destas para as aplicações de longo e de curto prazo de modo que as técnicas de menor erro seriam mais aptas para a aplicação. Em dois dos casos a serem descritos foram selecionadas técnicas diferentes para previsão de longo e curto prazo. A aplicação de iterações com o objetivo de obter o parâmetro que minimize o erro obtido para uma técnica de previsão de demanda é recomendado por Lustosa et al.(2008).

5.2.4 Obtenção da previsão

Neste passo foram realizadas as previsões para todo o ano de 2014 utilizando a técnica de melhor desempenho para cada item. Os resultados são apresentados em tabelas e são plotados em gráficos para o acompanhamento.

5.2.5 Monitoramento do modelo

Esta é uma das etapas mais críticas da modelagem de previsão de demanda. Algumas curvas de demanda chegam a ser bastante complexas e sofrem bastante influencia do ambiente externo de modo que seu comportamento pode se modificar fortemente em longos períodos de tempo, logo, cada produto específico, dependendo de sua significância, deve ter o desempenho de seu modelo de produção calculado, avaliado e criticado de modo que a técnica acompanhe a mudança com alguma alteração de parâmetro ou até mesmo adoção de outro procedimento matemático. A seguir serão determinadas recomendações para o monitoramento da previsão dos três serviços avaliados:

- a) O erro total, o EAM e o erro percentual médio devem ser continuamente acompanhados para que seja verificada a eficiência da técnica recomendada;
- b) É interessante que o EAM seja acompanhado através de um gráfico de controle e que cada variação que esteja fora dos limites seja investigada;
- c) Deve ser acompanhada também qualquer alteração no comportamento da curva, como aparecimento de sazonalidades ou tendências diferentes das que foram identificadas nos dados históricos, pois estes novos padrões devem ser incorporados pelo

modelo ou se pode até mesmo considerar a adoção de outra técnica. Estas alterações podem ser identificadas tanto na plotagem dos dados como no acompanhamento dos três tipos de erro.

6 DISCUSSÃO E RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação do método dos cinco passos para implantação de um modelo de previsão de demanda, Tubino(2007), num departamento de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero com o objetivo de prever o consumo dos itens de um contrato de manutenção. Os resultados dos testes das técnicas nas previsões para o ano de 2013 são plotados em tabelas (com os erros calculados para cada período e os erros médios e totais) e em gráficos para facilitar a compreensão. Após a seleção da técnica são apresentados os resultados das previsões para o ano de 2014, utilizando a técnica mais adequada, também em tabelas e gráficos.

6.1 Descrição Do Processo Estudado

O processo estudado por este trabalho envolve uma célula de planejamento e controle da manutenção, com funcionários próprios da empresa estudada e uma empresa de engenharia para prestação de serviços de gestão da manutenção, e a execução que funciona através de um contrato na modalidade de contratação de serviços, gerenciado e fiscalizado por funcionários próprios da petroleira.

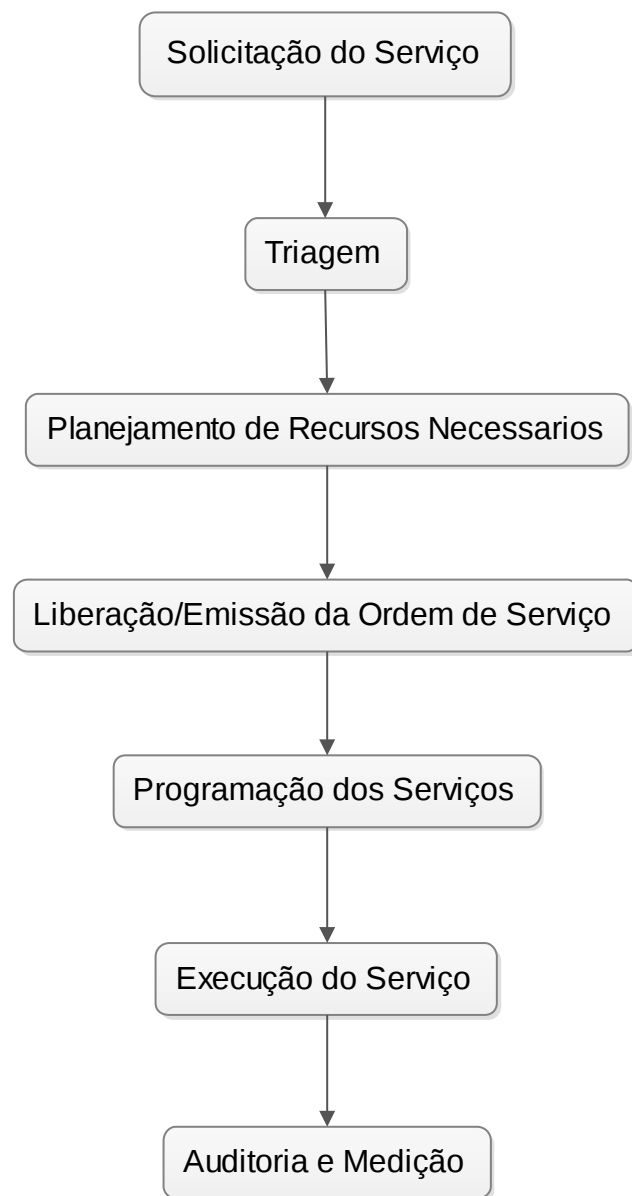
O tratamento das solicitações de manutenções corretivas e ordens geradas pelos planos de manutenção são gerenciados por um software ERP, que aloca os recursos, prevê custos e emite as ordens de manutenção, e um software de gestão de planejamento de serviços com objetivo de observar simultaneidades, facilitar análises de risco e a própria prevenção de acidentes através da emissão de permissões para trabalho.

O sistema ERP utilizado pela empresa recebe um leque de informações sobre o serviço antes de emitir a ordem de manutenção e após a execução é realimentado com a própria ordem digitalizada, contendo entre outras informações a descrição, feita pelo executante, do serviço realizado, e outras informações pertinentes como horários, programados e reais, de início e fim dos serviços, datas de execução real e programada, catálogo de modo e efeito de falha, entre outros.

A rotina do sistema estudado inicia com a geração da solicitação do serviço através da abertura da nota de manutenção utilizando uma das transações do sistema ERP. As notas abertas são triadas, tem seus recursos planejados e somente após isto é liberada a ordem. Após a liberação, no caso de os recursos previstos para a execução dos serviços apresentarem-se disponíveis, esta passa por um gerenciamento de prioridade dentro da célula de planejamento e controle de modo a definir a sua data de execução por meio da análise de criticidade do serviço e perda associada, em caso de algum recurso apresentar-se indisponível a ordem recebe um status de sistema característicos a serviços impedidos de serem executados por algum motivo específico, como falta de material ou outros, e este status somente é retirado quando a pendência é tratada. Após o planejamento a ordem é executada pela empresa contratada na data prevista, em caso de impedimento esta é reprogramada, e após a execução a contratada devolve a ordem à empresa contratante para auditoria, medição e digitalização para armazenamento no banco de dados do sistema ERP.

A seguir é apresentado um fluxograma do processo de planejamento e controle da manutenção praticado pela empresa estudada:

Figura 2: Fluxograma Simplificado do Processo de Planejamento e Controle de Manutenção da Empresa Estudada.



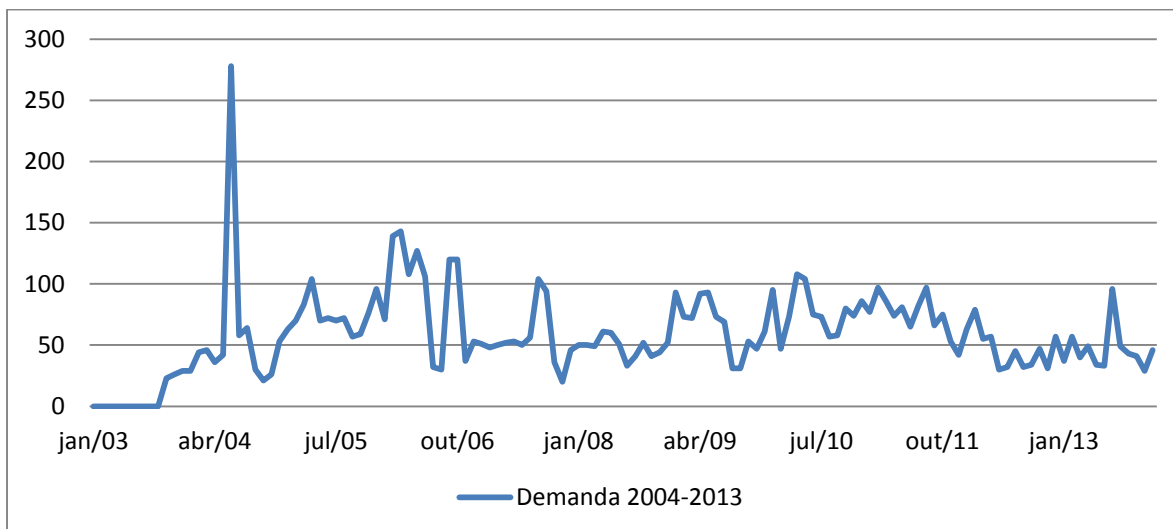
Fonte: autoria própria

6.2 Tratamento Dos Dados

Os dados primeiramente foram plotados com o auxílio do software Microsoft Excel em gráficos de linha com períodos mensais de medição

(mesma frequência em que ocorre o pagamento da contratada), como apresentados a seguir:

Gráfico 1: Curva de Demanda para o Serviço 1-2004/2013



Fonte: autoria própria.

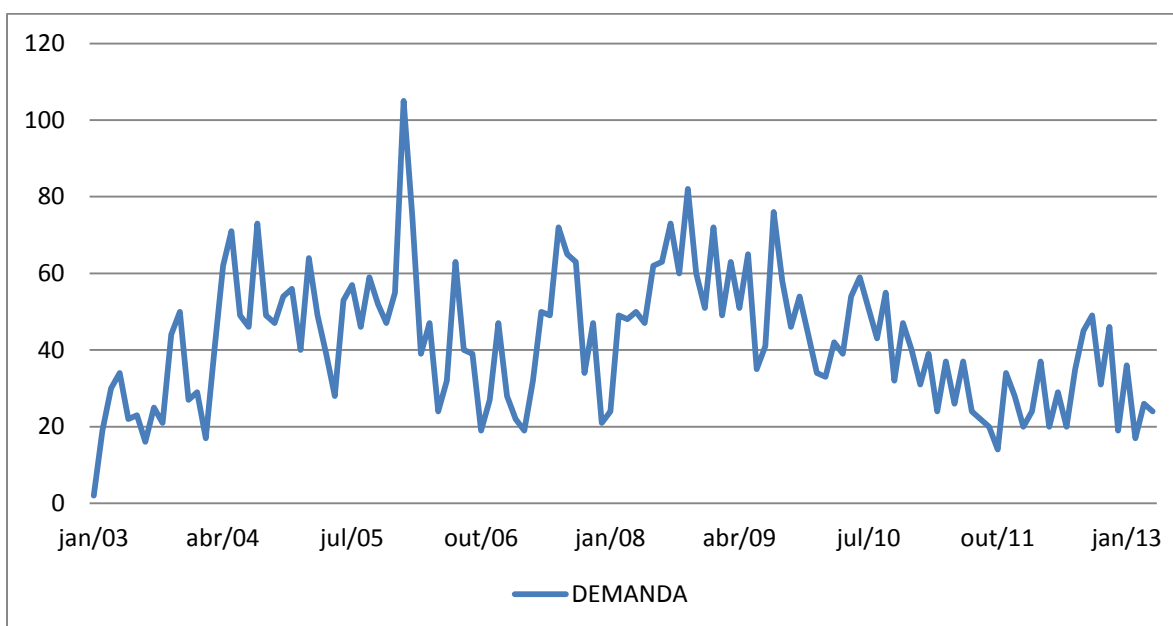
O gráfico apresentado anteriormente demonstra o comportamento da demanda sobre o item mais consumido em todos os contratos que já estiveram em vigor para a disciplina de manutenção selecionada. Foram identificadas variações anormais na análise da curva (para todos os dados coletados este tipo de comportamento aparece) e que depois de investigadas se apresentaram como particularidades que ocorreram no período e foi decidido que melhor seria substituir o valor anormal pela média de modo que este não influenciasse a previsão, já que a sua causa foi infrequente.

Foram selecionados para tratamento de dados três dos itens mais representativos para o contrato, logo, foram analisadas três demandas diferentes e sugeridos os modelos com menor taxa de erro para cada uma destas demandas. Como a proposta do trabalho é sugerir os modelos mais apropriados, tanto no sentido da acurácia como também visando à simplicidade de implementação, a ideia de tratar os dados separadamente é de que as empresas devem fazer este mesmo procedimento para todas as demandas de todos os itens do contrato de modo a prever cada comportamento utilizando a técnica mais apropriada para isto, e como neste trabalho serão sugeridas técnicas de implementação simples, ou seja, sem

necessidade de softwares e tratamentos matemáticos muito sofisticados, este método torna-se bastante acessível.

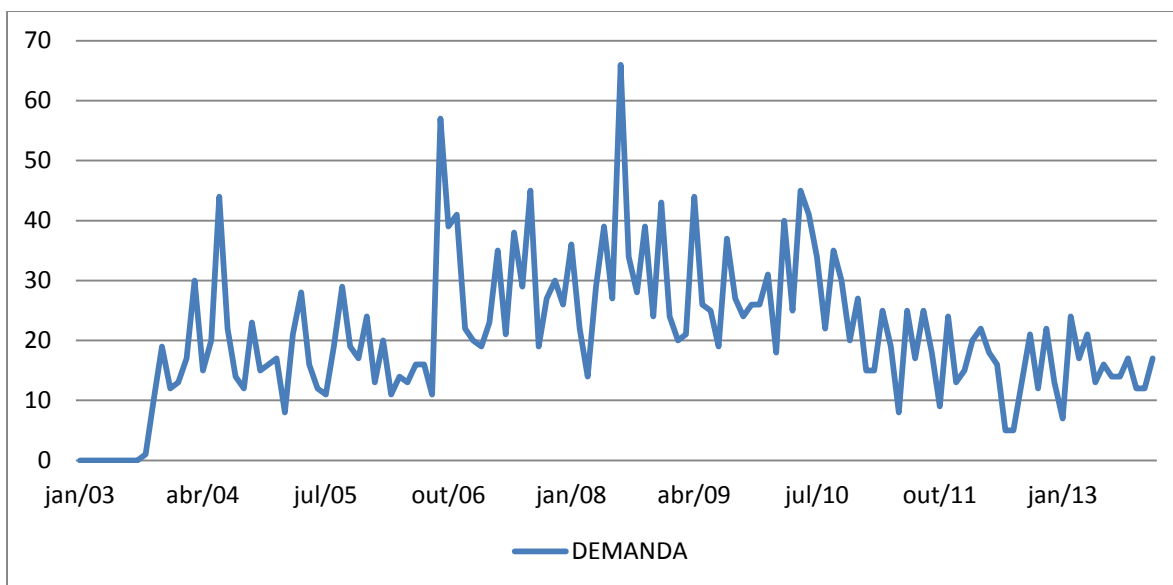
Os três tipos específicos de serviços que foram selecionados, para preservar a anonimidade da empresa, serão referidos como serviços 1, 2 e 3, nomeados em ordem decrescente de montante de demanda. A plotagem dos dados coletados para o primeiro serviço foi apresentado no gráfico 1, a seguir são apresentadas as plotagens dos dados de demanda para os itens dos serviços 2 e 3:

Gráfico 2: Curva de Demanda para o Serviço 2 - 2004/2013



Fonte: autoria própria.

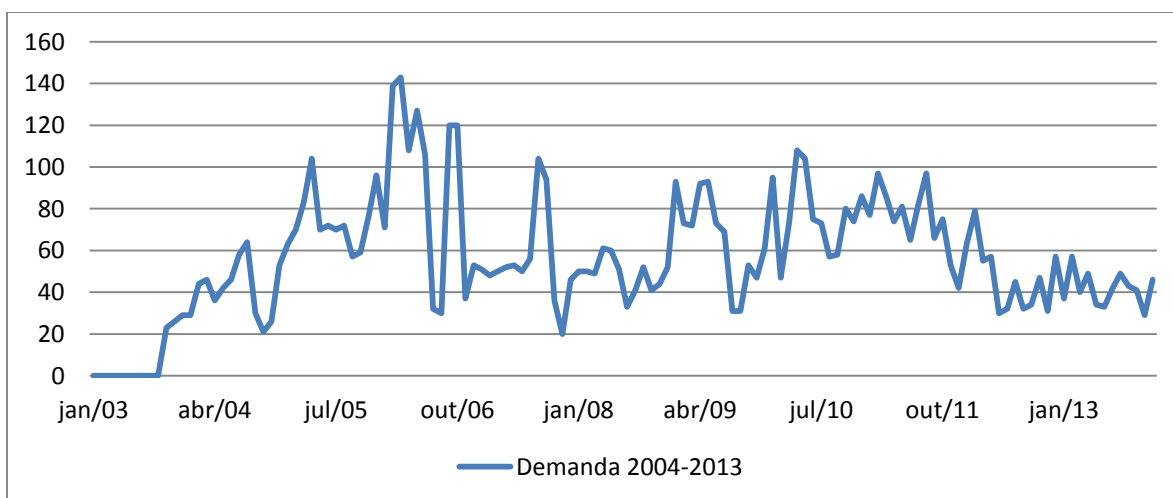
Gráfico 3: Curva de Demanda para o Serviço 3 – 2004/2013



Fonte: autoria própria.

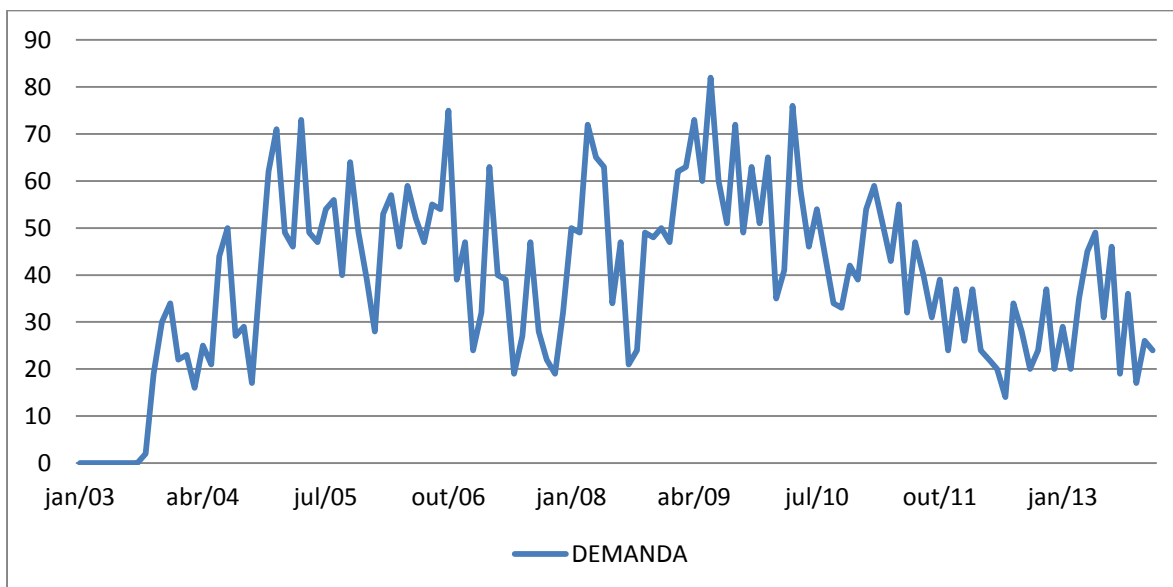
Como pode ser observado, os dados apresentados anteriormente demonstram picos anormais e infrequentes de demanda que por serem ocasionados por causas especiais podem comprometer a acurácia do modelo sugerido. Durante a coleta, plotagem e tratamento dos dados, este problema foi identificado e tratado, substituindo-se o valor anormal pela média do ano referente ao período com o pico de demanda. A seguir são apresentadas as curvas com os valores corrigidos:

Gráfico 4: Curva de Demanda para o Serviço 1 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013



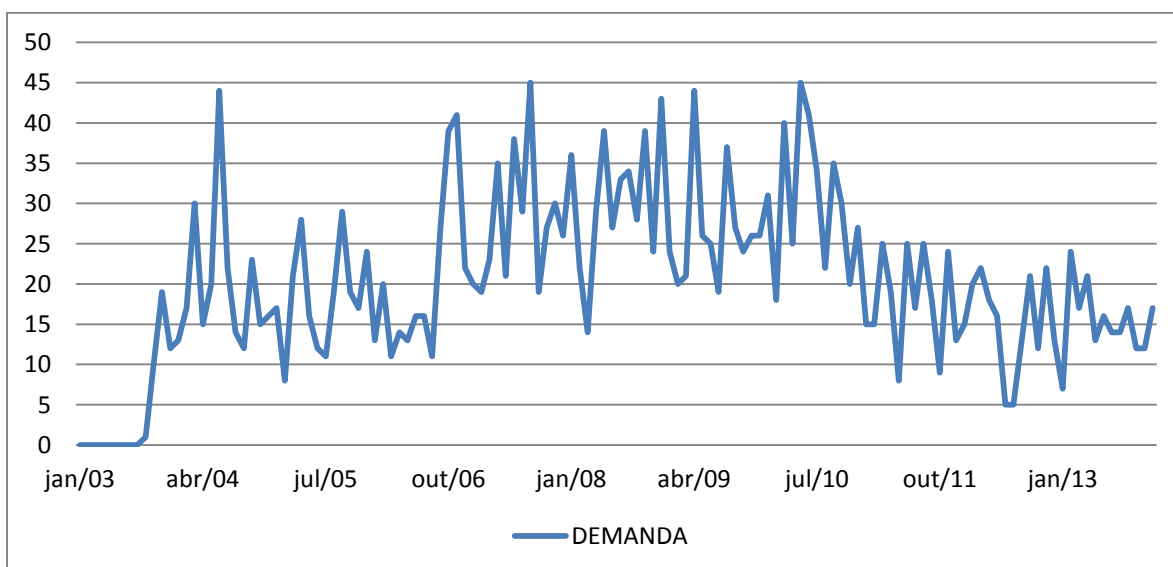
Fonte: autoria própria.

Gráfico 5: Curva de Demanda para o Serviço 2 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013



Fonte: autoria própria.

Gráfico 6: Curva de Demanda para o Serviço 3 com Correção de Variações Anormais – 2004/2013



Fonte: autoria própria.

Para eliminação das variações anormais foi consultado o banco de dados para cada serviço e avaliado a circunstancia em que tal demanda surgiu, de modo que pudesse ser julgado se tal valor deveria constar no modelo ou não. Todos os pontos corrigidos foram verificados quanto a sua causa.

6.3 Medição Da Eficiência Das Técnicas Utilizando Dados Históricos

Nas próximas seções serão apresentados os resultados obtidos para as previsões anuais e mensais, ao longo de 2013, de cada serviço utilizando as técnicas:

- f) Sazonalidade simples;
- g) Sazonalidade simples com tendência;
- h) Suavização exponencial simples;
- i) Suavização exponencial dupla(Holt);
- j) Modelo Holt-Winters.

Serão apresentadas tabelas constando as previsões obtidas e os erros de previsão, percentuais, a média percentual e a média absoluta e a partir destes erros as técnicas serão selecionadas.

Para otimização das técnicas foram minimizados os erros com o auxílio do suplemento Solver do software Excel. Como variáveis controladas foram utilizados os parâmetros de cada técnica.

6.3.1 *Previsão anual*

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos para as previsões para todo o ano de 2013 utilizando todas as técnicas listadas na seção anterior.

Para realização destas previsões foram tomados para modelagem somente os dados referentes aos anos entre 2003 e 2012 com o objetivo de prever todo o ano de 2013 sem incorporação dos dados dos meses deste ano aos modelos aplicados. Tal abordagem tem o objetivo de medir a

eficiência de cada técnica em prever com um ano de antecedência as demandas mensais futuras.

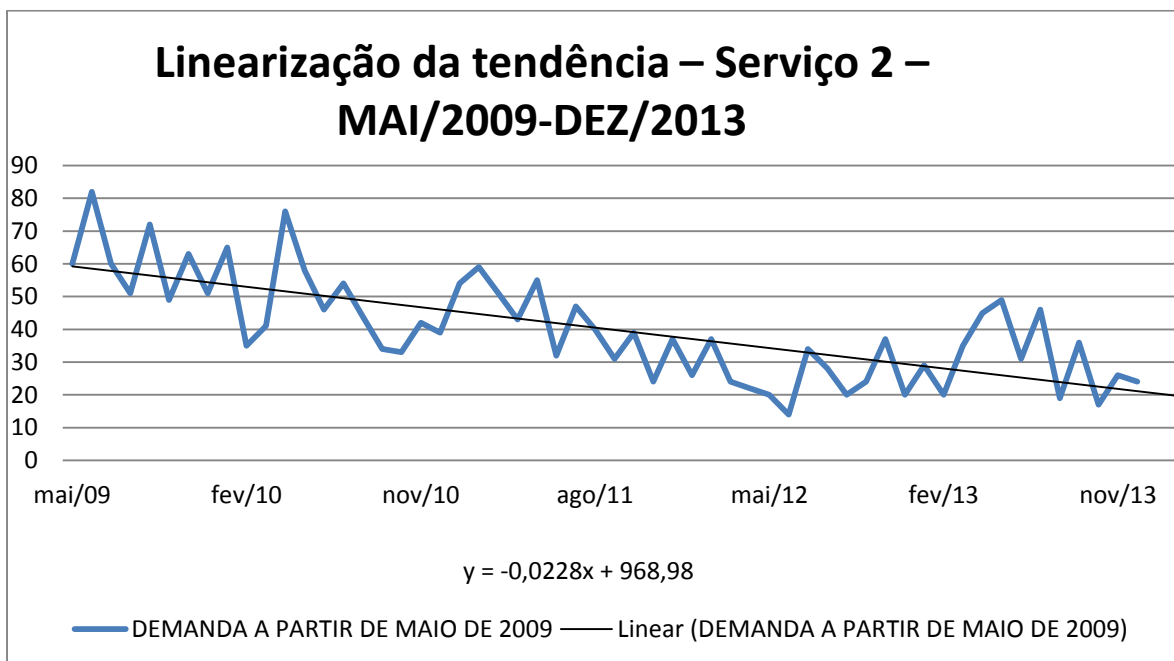
A técnica de previsão de sazonalidade com tendência não foi aplicada nos dados históricos do serviço 1 e 3 pelo fato de a regressão linear destes dados ter gerado retas muito próximas a horizontal, além de os coeficientes de determinação terem sido muito baixos. A seguir são apresentados os resultados para a reta obtida e o coeficiente de determinação:

- a) Serviço 1: $y = -0,0013x + 113,7$ e coeficiente $R^2 = 0,003$;
- b) Serviço 3: $y = 0,0015x - 39,511$ e coeficiente $R^2 = 0,0277$.

Como o comportamento do consumo do segundo item muda radicalmente a partir do início de 2009, foram utilizados somente dados a partir deste período para os cálculos de regressão linear e índices de sazonalidade.

Inicialmente tomou-se o trecho da curva com maior influência de tendência, iniciado em 2009, e calculou-se a reta que melhor se adaptaria a curva:

Gráfico 7: Linearização da tendência – Serviço 2 – MAI/2009-DEZ/2013



Fonte: autoria própria.

A regressão linear chegou a apresentar um coeficiente de determinação e correlação relativamente alto, caracterizando a tendência encontrada como relevante.

A seguir são apresentados os resultados de desempenho para todas as previsões realizadas para cada serviço:

Tabela 1: Avaliação de desempenho das previsões anuais para todos os serviços

TÉCNICA DE PREVISÃO	SERVIÇOS											
	1				2				3			
Sazonalidade Simples	-26,83	5,06	13,02%	39,4	54,6	8,83	27,58%	114,32	1,54	2,98	22,11%	18,81
Sazonalidade Simples com Tendência	-	-	-	-	78,94	9,09	26,77%	121,99	-	-	-	-
Suavização Exponencial Simples	-28,24	6,53	17,18%	62,42	65	9,42	28,39%	139,58	1,45	3,33	25,49%	18,07
Suavização Exponencial Dupla	3,12	5,77	14,43%	62,8	59	8,8	26,68%	127,52	21,79	3,56	22,96%	24,27
Holt-Winters	21,65	5,57	12,51%	45,85	59	8,8	26,68%	127,52	0	5,57	24,29%	16,38
	ET	EAM	EPM	EQM	ET	EAM	EPM	EQM	ET	EAM	EPM	EQM
	ERROS											

Fonte: Autoria própria

A seguir serão descritas as avaliações para cada serviço e qual técnica deverá ser selecionada para previsão com um ano de antecedência para 2014:

Quadro 3: Avaliação de desempenho das técnicas para a previsão com um ano de antecedência.

SERVIÇO	AVALIAÇÃO	TÉCNICA SELECIONADA
1	Dentre as técnicas aplicadas duas delas obtiveram desempenho bastante parecido: sazonalidade simples e Holt-Winters. Com os erros médios bastante próximos, ambas as técnicas obtiveram um desempenho razoavelmente bom, porém foi selecionado para a previsão o método Holt-Winters, pelo fato de que, como será visto nas seções posteriores, esta técnica obteve também o melhor desempenho para previsão mensal do serviço 1 e para simplificar a implementação do modelo pode-se resumir ambas as abordagens de previsão a um só técnica.	Holt-Winters
2	Todas as técnicas aplicadas obtiveram um desempenho bastante semelhante. Devido à alta variabilidade desta curva em particular, nenhuma das técnicas se ajustou muito precisamente as variações mensais, o que foi refletido no desempenho das previsões, o pior dentre os três serviços escolhidos. Porém, o modelo de ajustamento exponencial duplo (Holt) ainda pode ser aplicado aos dados devido ao seu desempenho também destacado na previsão mensal para este mesmo item, vê-se pela curva de previsão no gráfico plotado para este modelo que a tendência dos dados foi bastante aproximada, pois mesmo que em certo trecho do ano a demanda tenha se comportado bastante acima da média, o montante final foi previsto com bastante precisão pela técnica.	Suavização Exponencial Dupla
3	Ambas a sazonalidade simples e o método Holt-Winters obtiveram um desempenho bastante semelhante no erro acumulado, erro quadrático médio e erro absoluto médio, porém a média do erro absoluta para o Holt-Winters foi duas vezes maior que a média para o mesmo erro da sazonalidade simples, logo, pode-se tomar a sazonalidade simples como a técnica que mais se ajusta a previsão anual para o consumo do serviço 3.	Sazonalidade Simples

Fonte: Autoria própria.

Ao modelar o a curva de demanda do serviço 2 utilizando o método Holt-Winters o suplemento Solver do Excel determinou um fator de sazonalidade bastante próximo de 1 quase igual para todos os períodos, já que o resultado para o parâmetro γ foi aproximadamente zero. Logo, pode-se deduzir a partir daí que a demanda deste serviço não possui nenhum tipo de sazonalidade a ser considerada.

6.3.2 Previsão mensal

Nesta seção, durante a modelagem foram incorporados ao cálculo dos melhores parâmetros os dados mês a mês para todas as previsões, deste modo limitando a antecipação do modelo para um mês de antecedência.

Não foram aplicados aqui as técnicas de previsão de sazonalidade simples com e sem tendência que pela sua definição somente trabalham bem com previsões de horizontes médios e longos.

A seguir é apresentada uma tabela mostrando o desempenho das técnicas nas previsões mensais com base nos erros calculados:

Tabela 2: Avaliação de desempenho das previsões mensais para todos os serviços

TÉCNICA DE PREVISÃO	SERVIÇOS											
	1				2				3			
Suavização Exponencial Simples	-21,84	6,95	18,06%	69,41	5,51	9,31	33,51%	122,61	-2,61	3,61	27,61%	20,97
Suavização Exponencial Dupla	45,16	7,39	17,12%	89,18	30,49	9,02	30,18%	123,24	26,57	3,82	23,76%	29,04
Holt-Winters	13,75	5,57	13,76%	50,96	48,92	5,57	27,69%	123,27	-1,11	5,57	24,63%	17,36
	ET	EAM	EPM	EQM	ET	EAM	EPM	EQM	ET	EAM	EPM	EQM
	ERROS											

Fonte: Autoria própria

Adiante são expostas em um quadro as considerações a cerca da técnica a ser selecionada para previsão do mês de janeiro de 2014:

Quadro 4: Avaliação de desempenho das técnicas para a previsão com um ano de antecedência.

SERVIÇO	AVALIAÇÃO	TÉCNICA SELECIONADA
1	O modelo Holt-Winters obteve, mesmo que não tão expressamente, o melhor desempenho dentre todas as técnicas aplicadas, com a menor média do erro absoluto e também menor média para o erro percentual, como seu desempenho na previsão anual também foi destacado, esta técnica pode ser utilizada para previsão nas duas instancias, simplificando a previsão.	Holt-Winters
2	Pode-se perceber pela análise das tabelas desta seção que a demanda para o serviço 3 ao longo do ano de 2013 foi tão imprevisível que a todas as técnicas obtiveram um erro percentual próximo de 30%, o que não mostra uma precisão de muito mérito, porém, ainda pode-se destacar novamente o método Holt-Winters pelo melhor desempenho dentre as técnicas aplicadas para este serviço, com o menor erro percentual médio e menor média para o erro absoluto, duas características bastante importantes para a previsão mensal já que o ideal nesta instancia é obter o mínimo de erro por período, ao contrario de uma previsão anual para o consumo de um item, que mesmo com o objetivo de se obter precisão na previsão mensal, tem como principal qualidade o erro total acumulado mínimo de modo a minimizar a defasagem da previsão ao se mensurar o montante total do ano.	Holt-Winters
3	É uma característica do erro quadrático médio o fato de este tornar-se muito alto quando em algum período de previsão o erro de previsão foi muito alto. Das técnicas apresentadas o método Holt-Winters obteve o melhor desempenho em relação a este erro e também ao erro acumulado. Seus erros médios, absoluto e percentual, também foram bastante próximos aos das outras técnicas.	Holt-Winters

Fonte: Autoria própria.

6.4 Obtenção Da Previsão

Com as técnicas selecionadas, agora as previsões podem ser obtidas. Nas seções que seguem deverão ser apresentados os resultados para a previsão anual de 2014 e a previsão mensal calculada para janeiro deste mesmo ano.

Tabela 3: Previsão do ano de 2014 para as duas instancias de tempo.

SERVIÇO	PERÍODO DE PREVISÃO	MÊS DE 2014											
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	MENSAL	42,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ANUAL	42,85	49,22	46,23	48,13	43,11	39,71	41,09	44,15	43,19	41,82	36,56	40,23
2	MENSAL	23,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ANUAL	26,96	26,58	26,2	25,82	25,45	25,07	24,69	24,31	23,93	23,55	23,17	22,79
3	MENSAL	14,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ANUAL	12,55	13,06	15,56	17,24	13,76	15,04	13,28	14,83	16,92	14,97	15,78	15,04

Fonte: Autoria própria

6.5 Monitoramento Do Modelo

Nesta seção serão apresentados os dados reais de previsão para janeiro de 2014 e o desvio da previsão apresentada por este trabalho.

Tabela 4: Monitoramento da previsão para o mês de janeiro de 2014

SERVIÇO	PERÍODO DE PREVISÃO	MÊS DE 2014	ERROS	
		JAN	ERRO DE PREVISÃO	ERRO PERCENTUAL
1	MENSAL	42,85	45,15	132,50%
	ANUAL	42,85	45,15	132,50%
2	MENSAL	23,29	2,71	10,42%
	ANUAL	26,96	-0,96	-3,69%
3	MENSAL	14,04	-7	-100,00%
	ANUAL	12,55	-5,55	-79,29%

Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos neste monitoramento demonstram três fatos importantes a serem considerados de modo a possibilitar uma avaliação da aplicabilidade das técnicas:

- a) O monitoramento de um só período não deve comprometer a aplicabilidade da técnica dado que este mês pode ser único no ano com uma variação anormal, ou pode representar que o processo assumiu um novo patamar de montante de demanda. Tal fato somente poderia ser verificado observando o ano inteiro de 2014;

- b) As técnicas selecionadas por este estudo podem ser aplicadas para alguns itens do contrato com um razoável nível de confiabilidade, como foi demonstrado na previsão anual para o serviço 2, com erro menor que 4%;
- c) Para alguns itens a previsão pode se desviar bastante pelo fato de o consumo de tal item não se comportar de maneira previsível, porém, a abordagem de previsão generalizada de consumo, ou seja, a previsão conjunta de vários itens, segundo Tubino(2007), poderá minimizar os erros individuais, possibilitando uma maior exatidão na previsão total de consumo.

Considerando-se os fatores anteriormente apresentados pode-se dizer que a sistemática de implementação de modelos de previsão de demanda e os modelos aplicados neste trabalho podem obter previsões aceitáveis, dependendo da aplicação que se dará a estas. Para garantir um bom processamento destas séries históricas de modo a possibilitar elaboração e acompanhamento de contratos completos deve ser estudado um método generalizado de previsão visando minimizar erros individuais, possibilitando antecipar o consumo de itens através do agrupamento destes em classes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a aplicar os cinco passos para implementação de um modelo de previsão de demanda, descritos por Tubino(2007), com o objetivo de estudar a aplicabilidade destes modelos no âmbito de contratação de serviços. Para isto foi necessário prever o consumo de três itens diferentes de um contrato, os mais significativos para o contrato em termos de faturamento e montante de consumo, de manutenção de uma empresa do ramo petrolífero e avaliar os resultados. Ao longo da apresentação do estudo de caso foram demonstradas as aplicações de vários modelos matemáticos para todos os três itens selecionados em duas instâncias de tempo diferentes, curto e longo prazo, ou seja, para um mês e um ano de antecedência respectivamente. Ao final foram eleitas às técnicas mais adequadas para cada instancia em cada um dos itens tomando como base o desvio da previsão com relação aos dados reais, neste trabalho foram utilizados os dados de demanda de todo o ano de 2013, e o seu poder de resposta a mudanças de comportamento da curva. Para monitoramento dos modelos propostos foi realizada a análise de desvio das previsões sugeridas com relação aos valores reais de demanda obtidos para o mês de janeiro de 2014.

Observando-se, como foi descrito inicialmente neste estudo de caso, que ainda hoje muitos dos contratos de serviços são dimensionados com bases em previsões de consumo muito simplificadas que se resumem a tomar o montante consumido no contrato anterior como previsão para consumo do contrato a ser elaborado, pode-se concluir, com base nos resultados obtidos neste estudo de caso, que os modelos de previsão de demanda sugeridos mostraram-se ferramentas de gestão com relativo potencial de sucesso. Isto se deveu principalmente a dois fatores principais:

- a) Primeiramente todas as técnicas aplicadas, incluindo as que foram selecionadas para prever o consumo de 2014, são simples de se modelar de modo que não é demandado da empresa nenhum tipo de

investimento em hardwares ou softwares mais sofisticados do que os já possuídos, ou seja, o custo é mínimo;

- b) Como segundo fator pode-se citar que o patamar de erro obtido para as previsões apresentadas neste estudo de caso são bastante aceitáveis dados a complexidade do comportamento dos dados coletados e o próprio objetivo do modelo que seria oferecer uma alternativa mais eficiente para o planejamento do contrato e previsão de consumo que substituísse a maneira simplificada como são tratados hoje, pois, com relação ao segundo fator, como é demonstrado nos resultados, ao assumir médias para previsão de demanda de longos períodos o erro obtido é consideravelmente maior que nas técnicas mais sofisticadas.

Com relação ao monitoramento do início do ano de 2014 pode-se destacar que somente para um dos itens foi obtido sucesso de previsão, serviço 2, com um erro menor que 4%. Já para os outros foram obtidos erros percentuais de mais de 100%. Sobre estes resultados vale ressaltar que a previsão de somente um mês não é suficiente para medir a eficiência de técnicas de previsão, pois justamente o mês previsto pode ser um período particular de variação anormal. Por isto que este trabalho tratou de selecionar as técnicas através de avaliação do seu desempenho em prever o comportamento de todo um ano, o ano de 2013. Mas, ainda assim, o monitoramento da previsão para o mês de janeiro de 2014 serviu para mostrar que as técnicas podem ainda possuir resultados relativamente promissores como obtidos para o serviço 2, motivando talvez, no futuro, a elaboração de estudos generalizados para todos os itens de um contrato.

Como este trabalho se resumiu a avaliar a aplicabilidade de resultados de previsão de demanda utilizando técnicas quantitativas em contratos de serviços pode-se concluir que este objetivo foi alcançado levando em conta que os resultados foram avaliados quantitativamente através do desvio das previsões com relação a dados reais.

Os modelos matemáticos para previsão de demanda hoje existem em grande número e numa enorme variedade de especialidades. Assim vale destacar que este estudo somente chega a aplicar técnicas simples de

previsão de demanda, ou seja, que não necessitam de complexo tratamento matemático através de softwares. Logo se pode tomar como sugestão de trabalhos acadêmicos futuros a aplicação de técnicas mais sofisticadas ainda, como os modelos Box-Jenkins de modo a obter resultados mais bem elaborados. Pode-se tomar ainda como sugestão a aplicação da previsão de demanda de maneira generalizada para todo o contrato, posteriormente utilizando esta aplicação como ferramenta para auxiliar a orçamentação e determinação de preços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

LUSTOSA, L., Mesquita, M., Quelhas, O., & Oliveira, R. (2008). *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier.

MOREIRA, D. A. (2009). *Administração da Produção e Operações* (2ª ed.). São Paulo: Cengage Learning.

Tubino, D. F. (2007). *Planejamento e Controle da Produção*. São Paulo: Atlas.

XAVIER, J. N., & KARDEC, A. P. (2013). *Manutenção: Função Estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora.

GANGA, G. M. D. *Trabalho de Conclusão de curso na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma*. São Paulo: Atlas, 2012.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C., HYNDMAN, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

SOUZA, V. C. (2009). *Organização e Gerência da Manutenção: planejamento, programação e controle de manutenção*. São Paulo: AllPrint EDITORA.