

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Guilherme Massotti Thomas

**PREVISÃO DE DEMANDA APLICADA A UMA
INDÚSTRIA DE ROLHAS**

**Santa Maria, RS, Brasil
2019**

Guilherme Massotti Thomas

PREVISÃO DE DEMANDA APLICADA A UMA INDÚSTRIA DE ROLHAS

Projeto de pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Eng. Denis Rasquin Rabenschlag

Santa Maria, RS, Brasil
2019

PREVISÃO DE DEMANDA APLICADA A UMA INDÚSTRIA DE ROLHAS

GUILHERME MASSOTTI THOMAS (UFSM)

guilhermem-thomas@hotmail.com

DENIS RASQUIN RABENSCHLAG (UFSM)

drr.ufsm@gmail.com

RESUMO

Diante da importância da previsão de demanda e sua influência direta no planejamento estratégico das empresas, foi desenvolvido um estudo acerca da análise e estimativa de demanda para alguns produtos de uma indústria de rolhas, situada na região serrana do Rio Grande do Sul. O estudo tem como principal objetivo sugerir um modelo de previsão de demanda, a fim de auxiliar o gestor responsável na tomada de decisões relacionadas aos produtos. Sendo assim, foram selecionados os três tipos de rolhas com maior número de vendas nos últimos quatro anos para realizar esta pesquisa. Através de informações retiradas dos históricos de demanda concedidos pela empresa, verificou-se um ciclo sazonal para as três tipologias de rolhas em destaque. Sabendo disso, foi proposto um modelo de previsão de sazonalidade simples, que foi validado segundo o método MAD para os três casos, apresentando erros dentro dos limites de tolerância e confirmando sua usabilidade. Ainda, foi calculada a previsão para os períodos seguintes, seguindo a tendência sazonal descoberta. Todavia, aconselhou-se uma monitoração do modelo, com objetivo de identificar possíveis inconsistências e confirmar sua precisão.

Palavras chave: Gestão de Estoque; Previsão de Demanda; Ciclo Sazonal; Rolhas.

ABSTRACT

Given the importance of demand forecasting and its direct influence on companies strategic planning, a study was developed on the analysis and estimation of demand for some products of a cork industry located in the highlands of "Rio Grande do Sul". The main objective is to suggest a demand forecasting model to assist the responsible manager in making decisions related to the products. Thus, we selected the three types of corks with the highest sales in the last four years to conduct this research. Through information drawn from the company's historical demand, it was verified a seasonal cycle for the three types of cork stoppers. Knowing this, a simple seasonality forecasting model was proposed, which was validated according to the MAD method for the three cases, presenting errors within the tolerance limits and confirming its usability. Also, the forecast for the following periods was calculated, according to the seasonal trend discovered. However, a model monitoring was advised to identify possible inconsistencies and confirm its accuracy.

Keywords: Stock Management; Demand Forecast; Seasonal Cycle; Corks.

1 INTRODUÇÃO

No cenário competitivo atual, a redução de custos mostra-se como um dos principais focos do meio empresarial, sendo um dos fatores que impulsiona a competitividade das organizações. Nesse ponto, a previsão de demanda pode auxiliar a minimizar os custos de estoque, que é considerado um dos oito desperdícios de produção. Para tanto, o grande desafio dos gestores dessa área é conseguir manter os estoques o mais baixo possível, a ponto de conseguir suprir a demanda, e não tão elevados que possam ser considerados gastos desnecessários com estoque.

Conseguir atender a demanda por completo, no tempo acordado, com qualidade e ainda satisfazer a procura aleatória por produtos, pode se tornar um diferencial para as empresas (FERREIRA et al, 2013). Convergingo para essa ideia, a aplicação da previsão de demanda apresenta-se como extremamente importante para todos os departamentos, tendo em vista que evita atrasos, evita a criação de estoques inconvenientes e, conseqüentemente, reduz os riscos e custos envolvidos no processo

De acordo com Arnold (2012), a gestão de estoques abrange o planejamento e controle dos recursos necessários desde a fabricação até a entrega do produto ao cliente, levando em consideração o tempo de entrega e a quantidade desejada.

A previsão de demanda é um processo que envolve uma metodologia apoiada em métodos quantitativos e/ou qualitativos, para determinar e analisar os valores futuros da demanda por um ou mais produtos ou serviços, porque a demanda futura é o ponto de partida para o planejamento dos níveis estratégico, tático e operacional (GAITHER; FRAZIER, 2002).

A previsão de demanda pode ser feita para os horizontes de longo, médio, curto e curtíssimo prazo. A previsão a médio prazo pode ser feita desde semanas até meses e fornece informações úteis para o planejamento e operação de uma empresa (GHIASSI; ZIMBRA; SAIDANE, 2006).

Para Martins e Laugeni (2005), a previsão de demanda é necessária e importante para o adequado uso das máquinas e das pessoas, fazendo com que a reposição se dê no exato momento e em quantidade exata para que as atividades nos processos de fabricação sejam inteligentemente programadas.

Santos et al (2016), apontam que o desenvolvimento de técnicas de previsão cada vez mais aprimoradas, juntamente ao de novas tecnologias de acompanhamento de estoque como os sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) tem motivado as empresas a buscarem cada vez mais recursos que possibilitem uma diminuição de custos.

No entanto, Werner, Lemos e Daudt (2006) apontam que uma má previsão pode ocasionar problemas para a empresa, sendo por não conseguir atender a demanda da empresa – previsão subdimensionada – ou apresentando produto acabado em excesso, gerando estoque não planejado – previsão superdimensionada.

Partindo das considerações feitas, o trabalho será realizado em uma empresa da Serra Gaúcha, fabricante de rolhas para vinho/espumantes manufaturadas com a cortiça, matéria-prima oriunda do sobreiro e, no caso em questão, provindas exclusivamente de Portugal. Este estudo consiste em realizar uma previsão de demanda para os próximos meses dos produtos comercializados pela empresa e tem como intenção responder o seguinte questionamento: qual o método mais eficaz para prever a demanda de uma indústria de rolhas?

O mercado brasileiro de bebidas à base de uvas vem crescendo nos últimos anos, o que sugere um cenário plausível para a aplicação de técnicas de previsão de demanda a fim de auxiliar no planejamento das empresas. De acordo com o Instituto Brasileiro do Vinho (IBRAVIN) o ano de 2018 fechou com 15% de aumento, equivalendo a 417 milhões de litros.

Empresas que conseguem implementar uma estimativa condizente com o comportamento de sua demanda, conseguindo conciliar com o setor de compras, tendem a ter uma vantagem em relação a seus concorrentes, pois uma redução de custos e um planejamento mais ajustado à realidade podem favorecer o cenário da própria empresa.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é analisar o comportamento da demanda em períodos passados e, a partir disso, realizar a previsão da demanda para os próximos períodos, fazendo uso da metodologia que mais adequa-se as necessidades da empresa, garantindo que toda a demanda seja atendida e que os custos com estoque sejam minimizados.

Para que esse objetivo geral consiga ser atendido, uma série de objetivos específicos serão realizados, sendo eles: estudar as técnicas de previsão de demanda, levantar dados históricos, validar o modelo de previsão e, por fim, aplicar a metodologia de previsão mais adequada e estimar o erro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será apresentada uma fundamentação teórica, com o objetivo de sustentar e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa. Nessa continuidade, serão abordados assuntos como gestão de estoque, previsão de demanda, métodos qualitativos e quantitativos para previsão de demanda e, por fim, a monitoração dos modelos, envolvendo o cálculo do erro.

2.1 GESTÃO DE ESTOQUES

Em toda empresa, seja ela pública ou privada, é inevitável algum nível de estoque, seja para matérias-primas, materiais de consumo ou para produtos acabados, o que gera uma necessidade de obter um equilíbrio entre a quantidade estocada e a demanda relacionada com o período em questão. Em consonância com essa ideia, Slack et al (2013) dizem que os estoques são recursos armazenados em virtude do descompasso entre o fornecimento e a demanda.

A gestão de estoques é o gerenciamento das acumulações de materiais ou informações que são transferidos entre processos, controlando para que não impliquem em desperdícios durante eles (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). A mesma, segundo Wanke (2012), é de suma importância na tomada de decisão sobre demanda dos clientes em relação a oferta de produtos, considerando o tempo de abastecimento e o espaço físico para satisfazer o nível de serviço exigido.

A seleção do modelo de gestão de estoque para cada empresa deve estar diretamente ligada às peculiaridades de cada produto, resultando em disparidades da quantidade em estoque entre os itens de alto e baixo consumo (WANKE, 2012). Estoques elevados podem gerar problemas de obsolescência de produtos, além da elevação dos custos, tudo isso pela falta de conhecimento do mercado (LETTI; GOMES, 2014).

2.2 PREVISÃO DE DEMANDA

O futuro de qualquer negócio depende da capacidade de seus administradores em conseguir detectar tendências do mercado e desenvolver estratégias adequadas (HILLIER; LIEBERMAN, 2006).

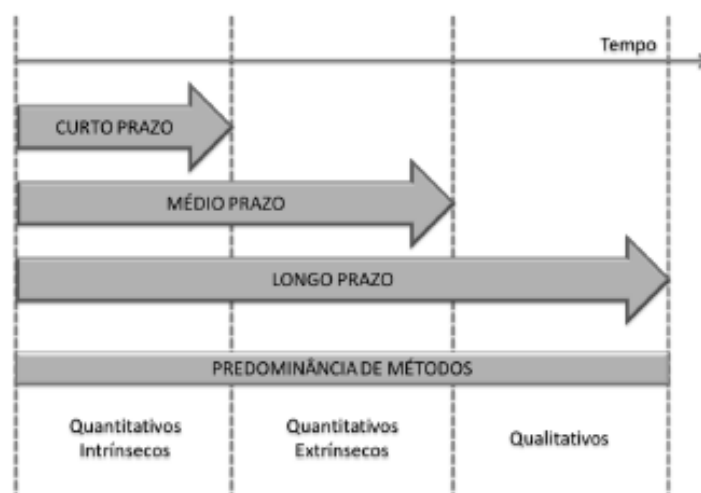
A previsão de demanda é uma das importantes ferramentas da gestão de estoques para planejar a capacidade da empresa e verificar se a empresa possui os recursos necessários para suprir a demanda futura sendo a base para o planejamento estratégico da organização (ARNOLD, 2012).

Correa (2010) divide o processo de previsão em seis etapas. Primeiramente coleta-se os dados relevantes e faz-se o tratamento dos mesmos. Posteriormente é realizada a análise e busca por padrões de comportamento dos dados, paralelamente a uma análise dos fatores qualitativos que possam interferir na previsão. Para finalizar, são projetados os próximos períodos e realizada uma estimativa dos erros de previsão. Ao final das etapas é possível identificar o método que melhor adequa-se ao comportamento em questão.

Para Tubino (2009), as técnicas de previsão podem-se subdividir em dois grupos. O primeiro trata das técnicas qualitativas, são aquelas em que a base do método são as opiniões e julgamentos do gestor e demais pessoas chaves, uma vez que este método é utilizado quando não se dispõe de dados numéricos, seja por falta de tempo para coletá-los, ou para a introdução de um produto novo no mercado, onde não existem dados passados. Já o segundo, corresponde às técnicas quantitativas, onde é executada a análise numérica dos dados coletados, sendo projetadas demandas futuras através de modelos matemáticos.

Corrêa (2010) divide os métodos quantitativos em intrínsecos e extrínsecos, onde os métodos de previsão de média móvel e suavização exponencial são considerados intrínsecos, e o método de regressão simples e regressão múltipla classificam-se como extrínsecos. Com base nesta classificação, o autor propôs uma figura que ajuda analisar qual método deve ser utilizado em relação ao horizonte de previsão, que é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Horizonte de previsão dos métodos



Fonte: Corrêa (2010)

É importante ter cuidado na coleta de dados e na escolha da previsão adequada, uma vez que estes interferem diretamente nos erros das estimativas (LAUGENI; MARTINS, 2015).

Embora haja uma evolução das técnicas matemáticas e estatísticas, aliadas a um desenvolvimento dos recursos tecnológicos, a previsão de demanda não é uma ciência exata, e necessita sempre uma experiência ou habilidade do gestor para aperfeiçoá-la. A avaliação do erro de previsão servirá como base para o estabelecimento de estoques de segurança, assim como para atualização do modelo de previsão (TUBINO, 2009).

As incertezas de previsão e os erros correspondentes provém de duas fontes distintas: da instabilidade e baixa previsibilidade do mercado e do sistema de previsão, que pode conter incertezas em virtude da eficiência do modelo (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2011).

Corrêa e Corrêa (2013) explicam que a previsão de demanda é composta pela estimativa de demanda e pela estimativa do erro. Deste modo, os gestores de operações devem ter conhecimento destas duas componentes para planejar ações futuras. Neste sentido, a previsão de demanda, por não ser exata e ter uma variável subjetiva inerente ao processo, necessita da experiência do gestor para garantir que o valor previsto seja um valor aproximado do valor real (TUBINO, 2009).

2.2.1 Métodos qualitativos

Os métodos qualitativos são essencialmente subjetivos e tornam-se úteis quando os dados a disposição são insuficientes para uma análise quantitativa, ou quando os especialistas possuem um grande conhecimento de mercado (GHIANI; LAPORTE; MUSMANNO, 2013). Da mesma forma, Tubino (2009) diz que as técnicas qualitativas privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente.

A metodologia qualitativa é utilizada principalmente para formulação de estratégias, desenvolvimento de novos produtos e tecnologias com aceitação ainda incertas e para o planejamento estratégico à longo prazo das empresas. Apesar desses métodos poderem ser utilizados separadamente em um processo de previsão, frequentemente são empregados em combinação com outros métodos qualitativos ou integrados a métodos quantitativos (MAKRIDAKIS; WHEELRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) as quatro principais técnicas de previsão de demanda qualitativas são: a estimativa da força de vendas, pesquisa de mercado, método Delphi e júri de executivos.

2.2.1.1 Estimativa da força de vendas

Esse método consiste em analisar as estimativas propostas pelos membros do departamento de vendas da empresa. É considerado atraente por Moreira (2009) pelo fato de ser elaborado pela equipe que tem conhecimento do histórico dos produtos e percebem as evoluções do mercado.

Chase, Jacobs e Rosemberg (2012) explicam que a comissão formada para aplicar este método muito provavelmente sabe quais os serviços e produtos que os clientes comprariam, mas também comentam que um ponto negativo deste método é que nem sempre a equipe de vendas sabe diferenciar o que o cliente quer do que ele realmente precisa.

2.2.1.2 Pesquisa de mercado

O método da pesquisa de mercado é um método para determinar a opinião ou a intenção dos consumidores em relação a um produto através de questionários (ARNOLD, 2012).

Moreira (2009) diz que a opinião dos clientes é fundamental para a elaboração da previsão. Esse tipo de pesquisa requer um conhecimento técnico especializado e exige grande cuidado no planejamento, pois é necessário que se interpretem os resultados de maneira precisa, diferenciando intenções de situações reais.

2.2.1.3 Método Delphi

O método Delphi é uma técnica de previsão baseada na opinião de um grupo de especialistas em determinada área. Quando as opiniões convergem, elas são utilizadas para prever o comportamento de determinado produto no mercado (ARNOLD, 2012). O recomendado é não haver o encontro face a face entre os especialistas, realizando via e-mail a análise e envio de sua percepção. O processo se repete até que o resumo de respostas encontre um limiar de respostas convergentes aceitável (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

2.2.1.4 Júri de executivos

As previsões, nesse método, são realizadas com base na opinião de um grupo de executivos. Corrêa e Corrêa (2013) dizem que é uma técnica frágil, pois não é possível inferir que a estimativa é obtida em consenso pelo grupo.

2.2.2 Métodos quantitativos

De acordo com Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), a previsão com o uso de métodos quantitativos pode ser aplicada quando: (1) as informações sobre o passado da variável a ser analisada estão disponíveis; (2) as informações possam ser quantificadas em termos matemáticos; e (3) seja possível assumir que alguns aspectos do padrão verificado no passado continuarão a existir no futuro. Para que o último item ocorra, a previsão deverá ser realizada após a consolidação do produto no mercado, para que o padrão de consumo não sofra desvios significativos de um período para o outro (PEINALDO; GRAEML, 2007).

Os métodos quantitativos podem ser divididos em duas abordagens principais: técnicas de modelagem causal e análise de séries temporais. A modelagem causal avalia e descreve os relacionamentos de causa e efeito entre as variáveis em estudo. Já a análise de séries temporais faz uso de dados históricos da demanda para prever o futuro, assumindo que os padrões observados permanecerão inalterados (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). No presente trabalho serão apresentados apenas métodos da abordagem de análise de séries temporais.

Por meio da análise das séries temporais, Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) apresentam cinco padrões de comportamento de demanda que auxiliam na busca pelo método mais adequado: média, sazonalidade, ciclo, tendência e aleatório. As características desses padrões podem ser visualizadas no Quadro 1. Dentro desse contexto, Tubino (2009) sugere os principais métodos quantitativos para previsão de demanda baseada na análise de séries temporais: média móvel, média exponencial móvel, suavização exponencial com tendência, sazonalidade simples e sazonalidade com tendência.

Quadro 1 – Características dos padrões de comportamento da demanda

| PADRÃO DE COMPORTAMENTO | CARACTERÍSTICA |
|--------------------------------|---|
| Média | Valores da demanda flutuam em torno de um valor constante |
| Sazonalidade | Padrões cíclicos de variação que se repetem em intervalos iguais de tempo |
| Ciclo | Variações ascendentes ou descendentes com intervalos irregulares de tempo |
| Tendência | Comportamento ascendente ou descendente por um longo período de tempo |
| Aleatório | Variações imprevisíveis |

Fonte: adaptado de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009)

2.2.2.1 Média móvel

A média móvel utiliza dados de um número pré-determinado de períodos. A cada novo período de previsão deve substituir o dado mais antigo pelo mais recente. O cálculo da previsão é feito pela Equação (1), onde M_{mn} é a média móvel de n períodos; D_i é a demanda no período i ; n é o número de períodos; i é o índice do período ($i=1,2,3\dots$) (TUBINO, 2009).

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

A grande vantagem de utilizar a média móvel nos cálculos de previsão é sua simplicidade operacional e facilidade de entendimento. Uma fragilidade do método é que ele só prevê para o período imediatamente posterior, impedindo assim, o planejamento de períodos futuros. Sendo assim, o modelo é recomendado em situações nas quais a demanda se apresenta estável e o produto não é muito relevante (TUBINO, 2009).

2.2.2.2 Média exponencial móvel

Na média exponencial móvel, o peso de cada observação decresce no tempo de forma exponencial, sendo que cada nova previsão é obtida com base na previsão anterior, acrescida do erro cometido na previsão anterior, corrigido por um coeficiente de ponderação. Pode ser calculada através da Equação (2), onde t é o período de tempo atual, α é a constante da suavização exponencial, A_t é a demanda no período t , e F_t é a previsão para o período t .

$$F_{t+1} = \alpha \times A_t + (1 - \alpha) \times F_t \quad (2)$$

O coeficiente de ponderação varia de 0 a 1, sendo que quanto maior seu valor, mais rapidamente o modelo reage a uma variação real da demanda (TUBINO, 2009). A fragilidade do método é considerada a mesma que a da média móvel, possibilidade de previsão apenas para o período imediatamente posterior.

2.2.2.3 Suavização exponencial com tendência

Para a previsão por este método é necessário calcular a previsão para o período e o valor da tendência para, posteriormente, calcular a valor da previsão para os períodos seguintes. As Equações (3), (4) e (5) apresentam o cálculo do valor amortecido, da tendência e da previsão para os períodos futuros, respectivamente:

$$At = \alpha Ct + (1 - \alpha)(At-1 + Tt-1) \quad (3)$$

$$Tt = \beta(At - At-1) + (1 - \beta) Tt-1 \quad (4)$$

$$Pt + p = At + pTt \quad (5)$$

Onde At é o novo valor amortecido, α é o coeficiente de amortecimento para os dados, β é o coeficiente de amortecimento para a tendência, Ct é o valor real no período t , Tt é a estimativa da tendência, p são os períodos futuros a serem previstos e $Pt+p$ são as previsões para os p períodos futuros (MARTINS;LAUGENI, 2005).

2.2.2.4 Sazonalidade simples

A técnica da sazonalidade simples consiste, primeiramente, em encontrar um padrão de repetição na série de dados, para definir qual a frequência em que a sazonalidade aparece, para então calcular os índices de sazonalidades para cada um dos períodos, que serão posteriormente aplicados à média móvel centrada do período em questão para obter o valor da previsão. A importância desse método é estabelecer a frequência sazonal da demanda, pois o número de períodos que constam nessa frequência é o número de índices de sazonalidade a serem empregados, ou seja, o ciclo sazonal da série (TUBINO, 2009).

Os índices de sazonalidade são calculados dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada desse período. Quando se dispõe de dados suficientes, é calculada a média dos índices de cada período. Como citado anteriormente, assim que calculados os índices, a previsão é feita multiplicando-se esses valores sobre a média dos dados da série (TUBINO, 2009).

2.2.2.5 Sazonalidade com tendência

O modelo da sazonalidade com tendência é um complemento da sazonalidade simples, sendo que nesse caso observa-se uma tendência ou crescente ou decrescente na demanda analisada. Para incorporar essa tendência ao cálculo da previsão, deve-se desenvolver uma equação linear que represente o componente de tendência. Para tanto, é necessário seguir alguns passos:

- a) calcular os índices de sazonalidade para cada período;
- b) retirar o componente de sazonalidade da série de dados;

c) desenvolver uma equação que represente o componente da tendência no formato da Equação 6.

$$Y = a + b.X \quad (6)$$

Onde Y é a previsão para o período X e os coeficientes a e b são calculados através das Equações 7 e 8, respectivamente.

$$a = \frac{(\sum Y) - b(\sum X)}{n} \quad (7)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (8)$$

d) tendo a equação da tendência, basta realizar a previsão da demanda e multiplicá-la pelo índice de sazonalidade (TUBINO, 2009).

2.2.3 Monitoração do modelo

Após definido o método de previsão que será utilizado, é necessário acompanhar o desempenho das previsões para confirmar sua eficiência. Essa monitoração é realizada pelo cálculo e acompanhamento do erro de previsão, calculado pela diferença do valor real da demanda e o previsto pelo modelo, que deve tender a zero, pois se espera que o modelo de previsão gere valores acima e abaixo dos reais, anulando-se (TUBINO, 2009).

Como ferramenta para controlar o modelo de previsão de demanda pode-se aplicar o Controle Estatístico do Processo (CEP), sendo que os limites superior e inferior do gráfico de controle equivalentes a quatro MAD (Mean Absolute Deviation). A fórmula para cálculo do MAD é representada pela Equação (11), onde D_{atual} é a demanda ocorrida no período; $D_{prevista}$ é a demanda prevista para o período; e n é o número de períodos (TUBINO, 2009).

$$MAD = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (11)$$

Se os valores do erro de previsão excederem os limites do MAD, os erros podem estar relacionados a técnica de previsão usada incorretamente ou variações irregulares na demanda, sugerindo ações corretivas para as próximas previsões. Os valores do erro servirão de base para o dimensionamento dos estoques de segurança (TUBINO, 2009).

3 METODOLOGIA

Nessa seção serão apresentados o cenário da aplicação da pesquisa, os métodos utilizados, as etapas que serão executadas no decorrer do estudo e também um cronograma onde consta a previsão da realização das etapas descritas.

3.1 CENÁRIO

A empresa onde foi realizado o estudo é situada na Serra Gaúcha, apostada em ser referência internacional ao nível de qualidade de produto, serviço ao cliente, inovação tecnológica e preocupação com o desenvolvimento sustentável. Os produtos comercializados pela empresa são rolhas para vinho e espumante, cápsulas para vinho e espumante e, recentemente, ingressou no ramo de garrafas de vidro. A organização é uma filial de uma empresa europeia localizada em Portugal, país de onde provém a matéria-prima para a produção das rolhas. Para a aplicação do estudo optou-se por focar na análise das rolhas para espumante, produto que tem maior demanda dentro da empresa.

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

Gil (2010) apresenta a classificação das pesquisas de acordo com quatro aspectos: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos.

Quanto a abordagem a pesquisa pode ser classificada como quantitativa. A pesquisa quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (POLIT, BECKER e HUNGLER, 2004, p. 201 apud GERHARDT, SILVEIRA, 2009, p.33).

A natureza da pesquisa é classificada como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos (GERHARDT, SILVEIRA, 2009, p.35).

No que se refere aos objetivos, deve ser classificada como exploratória, visto que tem como premissa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses (GIL, 2010).

Por último, em relação aos procedimentos, a pesquisa é considerada um estudo de caso, que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2010).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada no decorrer do ano de 2019, sendo o primeiro semestre destinado ao projeto e o segundo designado ao desenvolvimento do estudo.

Com definição do tema, iniciou-se uma pesquisa bibliográfica em fontes que abordam casos de gestão de estoque, previsão de demanda e assuntos relacionados, que continuou sendo feita durante a realização da pesquisa, com objetivo de embasar os conhecimentos a respeito do tema, habilitando a execução do projeto.

Em seguida, fez-se uma análise para ver quais os produtos, dentro dos oferecidos pela empresa, representa grande parte das vendas no período analisado, para então decidir sobre quais deles seria feita a aplicação da metodologia de previsão de demanda.

A próxima etapa da pesquisa é relacionada ao levantamento dos dados do histórico de demanda do produto, que foi realizado mediante contato com o responsável pela empresa. Obteve-se dados de demanda do produto desde 2015 até 2018, totalizando quatro anos.

Após serem concedidos os dados, com auxílio do software Microsoft Excel, foi feita uma análise do comportamento da demanda nos períodos em questão, paralelamente a um estudo a respeito dos métodos de previsão de demanda, visando identificar qual dos métodos adequa-se melhor ao comportamento verificado.

Posteriormente, para confirmação do método que melhor se encaixa no padrão de comportamento da demanda, foi feita a validação do método, que se fundamenta em aplicar o modelo utilizando os mesmos dados de posse, os quais devem ser previstos e em seguida comparados aos reais. Assim, se os erros de previsão para o método estiverem dentro de um limite, o modelo está validado.

Dessa forma, foi possível sugerir a previsão de demanda para os próximos períodos, pretendendo ter um erro mínimo para auxiliar na redução dos custos.

4 RESULTADOS

Nesta seção será demonstrado o desenvolvimento da pesquisa, bem como os resultados decorrentes, descrevendo como foi feita cada uma das etapas descritas no tópico anterior, desde a definição de qual produto seria analisado, a escolha e validação dos modelos de previsão e, por fim, a proposta de previsão para o ano seguinte aos dados coletados.

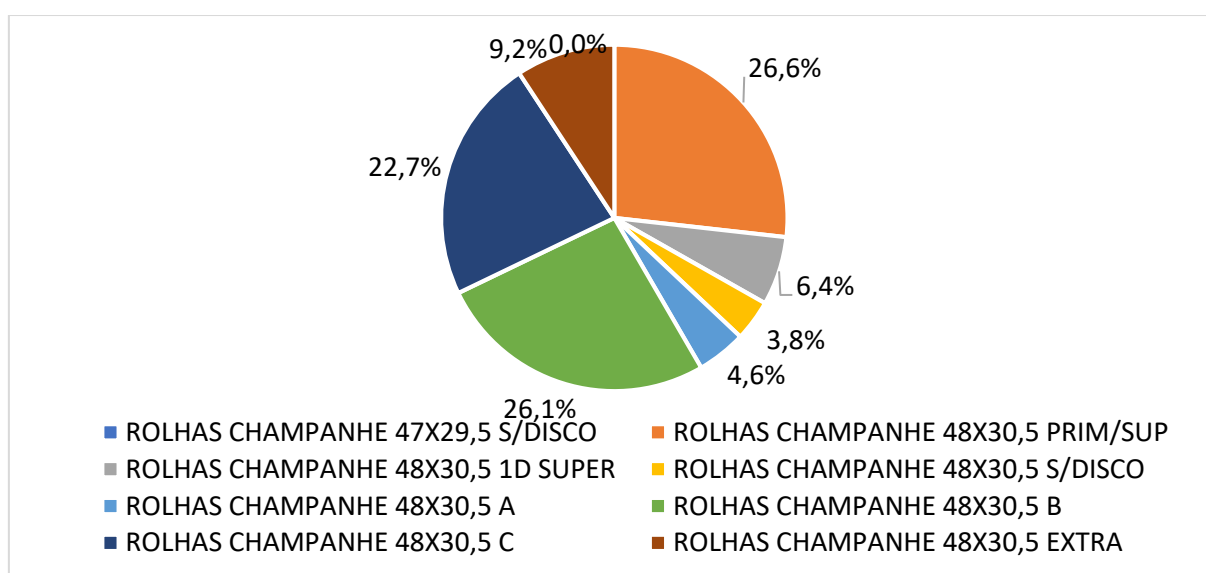
4.1 DEFINIÇÃO DOS PRODUTOS

Dentro do portfólio de produtos da empresa, verificam-se diversas tipologias e tamanhos de rolhas, tanto destinadas ao engarrafamento de vinho quanto de espumantes, além das cápsulas, que são utilizadas com a função de proteção e higiene sobre as rolhas, e também as garrafas de vidro, que há pouco tempo foram inseridas nas opções de compra.

Para a finalidade deste estudo, em decisão conjunta com os gestores da empresa, optou-se por realizar a análise das rolhas para espumantes, produtos com maior demanda e maior significância dentro da geração de renda da organização. Dentro desse contexto, foi concedido os dados mensais das demandas de rolhas para espumantes, em milheiros, desde janeiro de 2015 até dezembro de 2018, que podem ser visualizados no Apêndice A.

Com a posse desses dados, foi feita uma análise que buscou identificar quais dos tipos de rolhas são mais relevantes para a empresa e, conseqüentemente, seja mais vantajoso aplicar uma ferramenta que visa uma redução de custos. Para essa análise, considerou-se a soma das vendas mensais de cada tipo de rolha nos 4 anos referentes aos valores de acesso. Com isso, elaborou-se um gráfico para melhor visualização das proporções de cada item. O gráfico pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico do percentual de representatividade nas vendas



Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Através das observações extraídas do gráfico, percebeu-se que as rolhas 48x30,5 PRIM/SUP, rolhas 48x30,5 B e rolhas 48x30,5 C representam, nos quatro anos estudados, mais

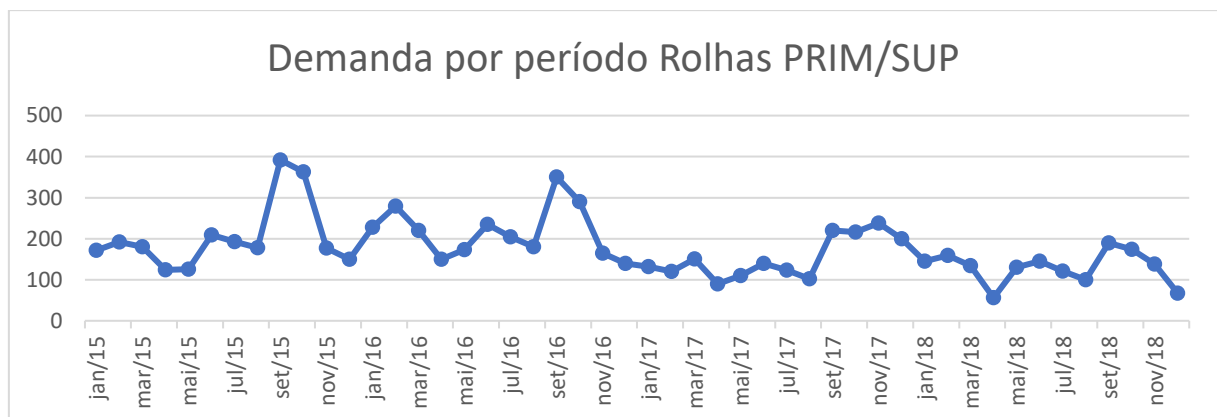
de 75% das vendas da empresa, constatando-se que esses três tipos merecem uma maior atenção por parte dos gestores. Tendo em vista essa grande representatividade, o estudo será focado na previsão de demanda desses produtos.

4.2 ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 PRIM/SUP

4.2.1 Análise do histórico de demanda

As rolhas PRIM/SUP são as responsáveis pela maior parcela de vendas da empresa nos quatro anos analisados, totalizando 26,6%, tendo sido vendida em todos os meses do período em questão. Os dados do histórico de demanda para esse tipo de rolha foram organizados a fim de elaborar um gráfico em que mostra o comportamento do consumo relacionando a quantidade produzida e o período (mês) em que foi demandado. Esse gráfico está representado na Figura 3.

Figura 3 – Demanda por período Rolhas PRIM/SUP



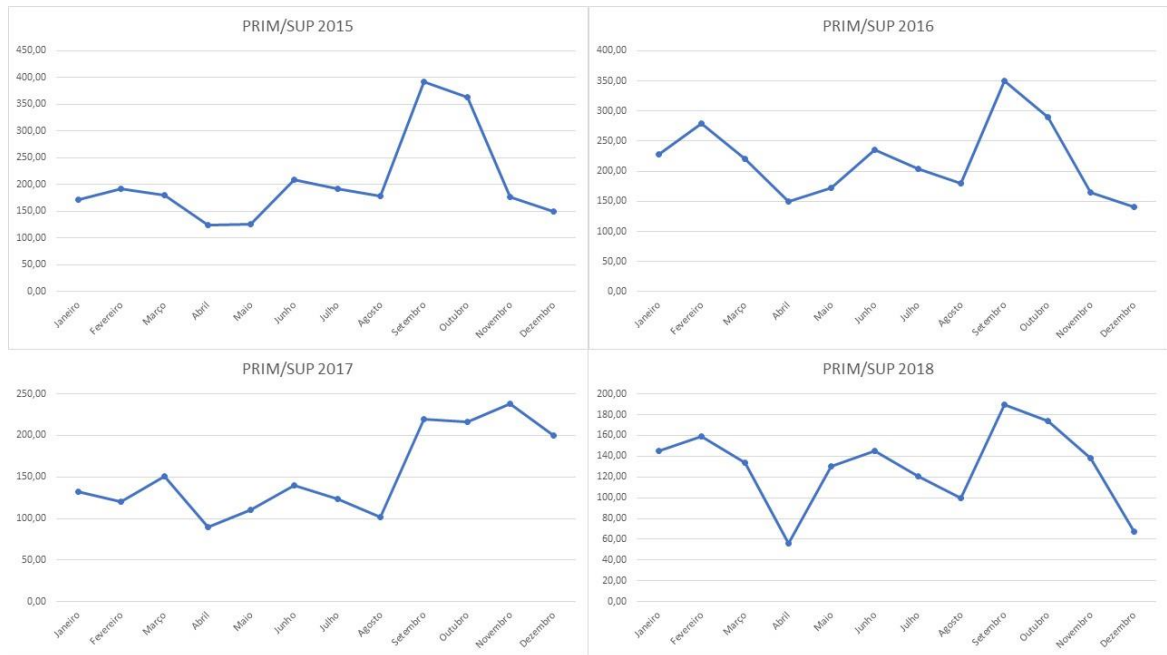
*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Com o objetivo de auxiliar a interpretação do ciclo sazonal, foi elaborada a Figura 4, que apresenta as demandas por período separadas ano a ano para as rolhas PRIM/SUP.

Através da visualização dos gráficos pode-se notar um comportamento sazonal da demanda, com ciclo sazonal de 12 meses, com uma tendência decrescente. Porém, conversando com o gestor responsável, foi constatado que a tendência decrescente para esse caso foi apenas coincidência, tendo em vista que a produção de espumantes que demandam esse produto depende de diversas variáveis não controláveis. Portanto, para o caso em questão, o modelo que melhor se adapta ao comportamento da demanda é o modelo de sazonalidade simples.

Figura 4 – Demandas por período (ano a ano) Rolhas PRIM/SUP



*valores em milhares de rolas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.2.2 Validação do modelo de previsão de demanda

Ao decidir o modelo para a série de dados analisada, foi necessário fazer a validação, pretendendo que este seja o mais próximo possível do ideal, ou seja, com um erro considerado baixo, tendendo a zero.

Como o ciclo sazonal do caso em questão é 12 períodos, foi preciso fazer o cálculo do MMC $\frac{1}{2}$ dos períodos, ou seja, calcular, primeiramente o MMC para o período 6,5 e 7,5 e após fazer a média para obter o MMC do período 7, conforme demonstrado:

$$MMC\ 6,5 = \frac{(D_1 + D_2 + \dots + D_{12})}{12}$$

$$MMC\ 7,5 = \frac{(D_2 + D_3 + \dots + D_{13})}{12}$$

$$MMC\ 7 = \frac{(MMC\ 6,5 + MMC\ 7,5)}{2}$$

Tendo o valor da média centrada no período, basta dividir o valor da demanda pelo valor encontrado que se identifica o índice de sazonalidade para o período individual. Assim, faz-se para todos os períodos, com exceção dos 6 últimos, assim como foram com os 6 primeiros.

$$IS\ 7 = \frac{D_7}{MMC\ 7}$$

Os resultados dos cálculos dos MMCs e ISi podem ser visualizados no Apêndice B. Através dos índices individuais, foi possível calcular o índice de sazonalidade para cada mês do ano, efetuando a média entre os índices individuais dos mesmos meses, encontrando os resultados demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 – Índices de Sazonalidades por mês Rolhas PRIM/SUP

| Índices de Sazonalidades | |
|--------------------------|-------------|
| Jan | 0,903934671 |
| Fev | 0,992599232 |
| Mar | 0,938953836 |
| Abr | 0,554185214 |
| Mai | 0,813583937 |
| Jun | 1,024625423 |
| Jul | 0,895385776 |
| Ago | 0,791438887 |
| Set | 1,667493629 |
| Out | 1,52510314 |
| Nov | 1,077127061 |
| Dez | 0,913080781 |

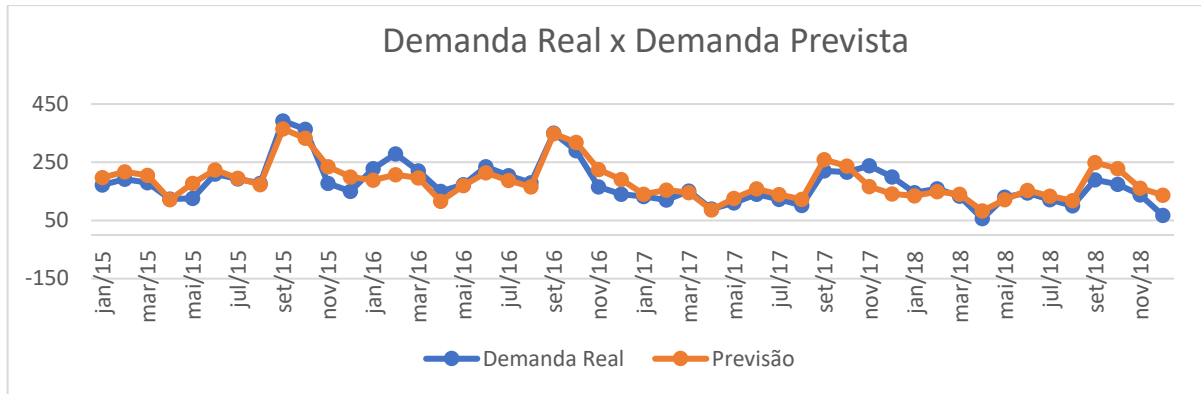
Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Tendo posse dos índices de sazonalidades, foi possível realizar a validação do modelo, mediante previsão para os períodos em que já temos a demanda real para, posteriormente, compará-los, visando identificar o erro relativo ao modelo de previsão escolhido. As previsões, para esse caso, foram feitas implementando os índices de sazonalidade em cima da média centrada móvel de cada ano, pois, como comentado anteriormente, as demandas de um ano para o outro não são interrelacionadas e pode-se ter uma grande discrepância entre dois anos consecutivos. A tabela que demonstra esses valores, bem como o cálculo do erro do processo pode ser vista no Apêndice C.

Com o intuito de facilitar a visualização desses dados calculados, foram desenvolvidos dois gráficos, um para comparação da demanda real com a demanda prevista e outro para monitoração do erro, que estão dispostos nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Sendo assim, foi confirmado que o modelo de previsão de demanda escolhido para as rolhas PRIM/SUP é adequado, pois ao utilizar o método MAD (Mean absolute deviation), nenhum ponto da previsão ultrapassa o limite inferior ou superior do erro aceitável.

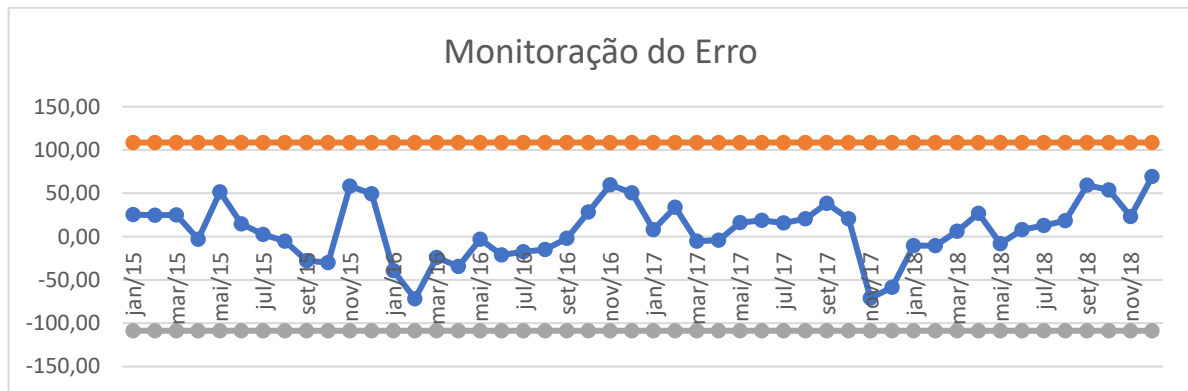
Figura 5 – Comparação demanda real x demanda prevista Rolhas PRIM/SUP



*valores em milheiros de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Figura 6 – Monitoração do erro para Rolhas PRIM/SUP



Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.2.3 Previsão para o ano 2019

Por fim, com o modelo validado, pode-se realizar a estimativa de demanda para os próximos períodos, aplicando os mesmos índices de sazonalidades encontrados sobre a média das médias móveis centradas, valores que estão expressos no Quadro 3 e na Figura 7.

Quadro 3 – Previsões para 2019 Rolhas PRIM/SUP

| 2019 | | | |
|------|---------|--------|----------|
| | Período | Média | Previsão |
| 1 | Jan | 182,91 | 165,341 |
| 2 | Fev | 182,91 | 181,5589 |
| 3 | Mar | 182,91 | 171,7465 |
| 4 | Abr | 182,91 | 101,3675 |
| 5 | Mai | 182,91 | 148,8147 |
| 6 | Jun | 182,91 | 187,4169 |
| 7 | Jul | 182,91 | 163,7773 |
| 8 | Ago | 182,91 | 144,7641 |
| 9 | Set | 182,91 | 305,0056 |
| 10 | Out | 182,91 | 278,9606 |
| 11 | Nov | 182,91 | 197,0201 |
| 12 | Dez | 182,91 | 167,014 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Figura 7 – Gráfico de previsões para 2019 Rolhas PRIM/SUP



*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

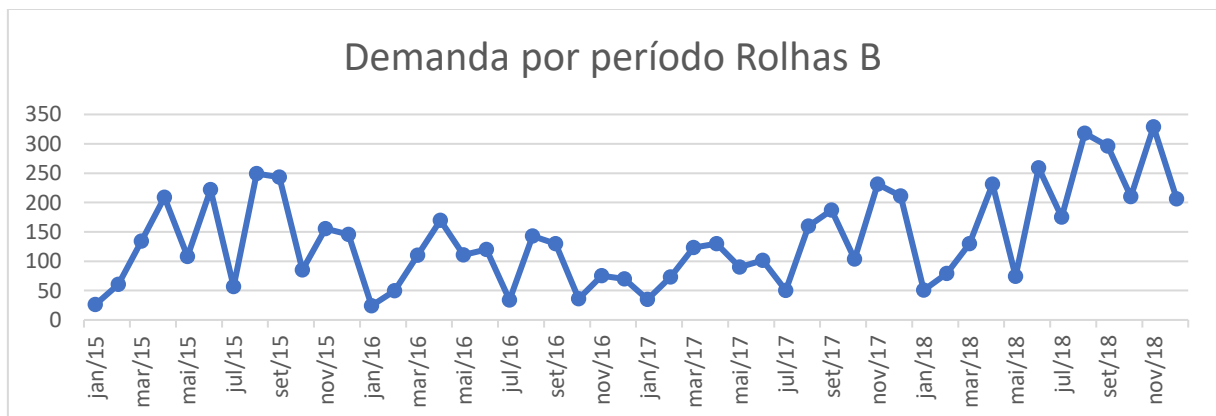
Deste modo, espera-se que a ferramenta de previsão de demanda aplicada auxilie nas atividades relacionadas a gestão de estoque da empresa, buscando sempre uma otimização dos recursos e redução de custos.

4.3 ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 B

4.3.1 Análise do histórico de demanda

Seguindo o mesmo raciocínio das rolhas PRIM/ SUP, as rolhas B também tiveram uma grande participação nas atividades da empresa nos anos estudados. Por consequência, buscou-se realizar os mesmos passos descritos para o produto anterior para analisar o comportamento da demanda e propor as previsões para 2019. Sendo assim, o gráfico da demanda por período para os quatro anos está ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Demanda por período Rolhas B

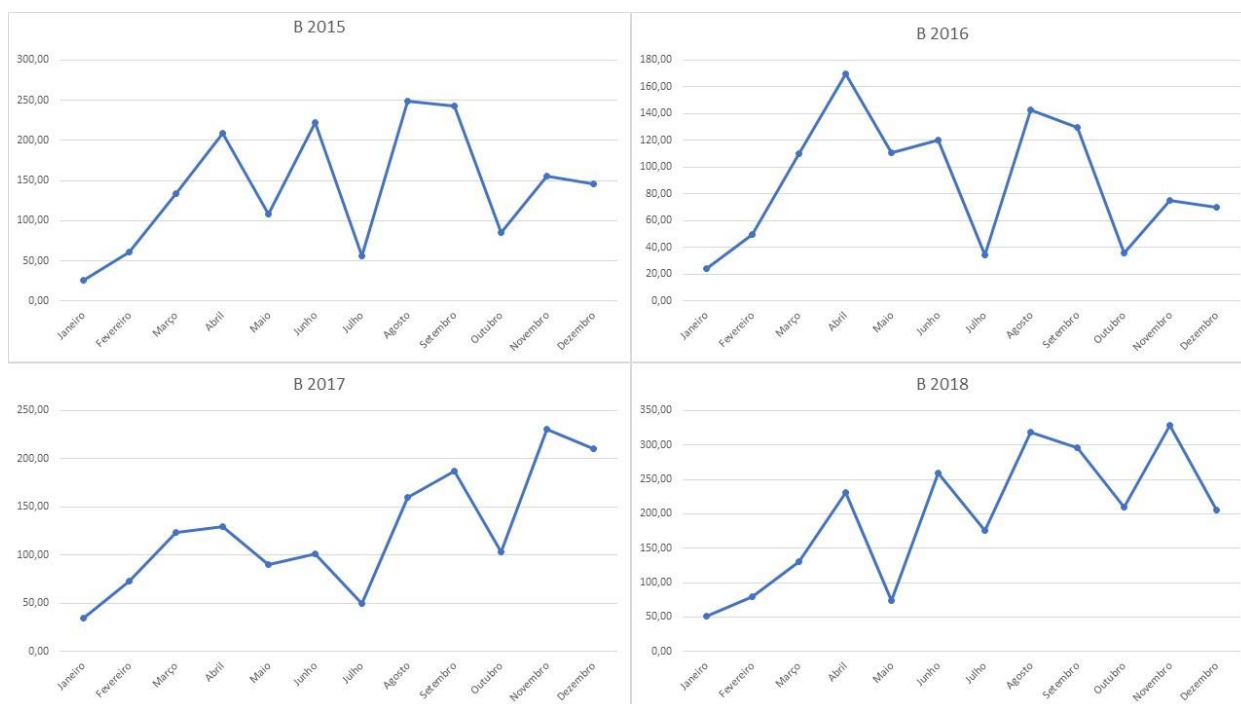


*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Também foi elaborada uma figura que mostra o comportamento dentro de cada ano individualmente, com o propósito de facilitar a interpretação dos dados, que está apresentada na Figura 9.

Figura 9 - Demandas por período (ano a ano) Rolhas B



*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

À vista disso, temos que o ciclo sazonal das rolhas B é, também, de 12 períodos, com uma tendência levemente crescente, que, de maneira semelhante as rolhas PRIM/SUP, foi desconsiderada pelo mesmo motivo. Portanto, o modelo sugerido para as rolhas B, assim como para as PRIM/SUP, foi o modelo de sazonalidade simples.

4.3.2 Validação do modelo de previsão de demanda

Do mesmo modo em que foi feita a validação do modelo anterior, para esse foram realizados os mesmos passos, e, por também se tratar de um ciclo sazonal de 12 períodos, os cálculos foram feitos da mesma maneira.

Portanto, o primeiro passo foi encontrar as médias móveis centradas (MMC) e os índices de sazonalidades individuais (ISi), calculados da mesma forma demonstrada na seção 4.2.2. Os resultados para esses valores estão expressos no Apêndice D.

Por conseguinte, por meio dos valores dos ISi, foi viável chegar aos índices de sazonalidades por mês, executando a média entre os índices individuais. As decorrências desses cálculos estão exibidas no Quadro 4.

Quadro 4 - Índices de Sazonalidades por mês Rolhas B

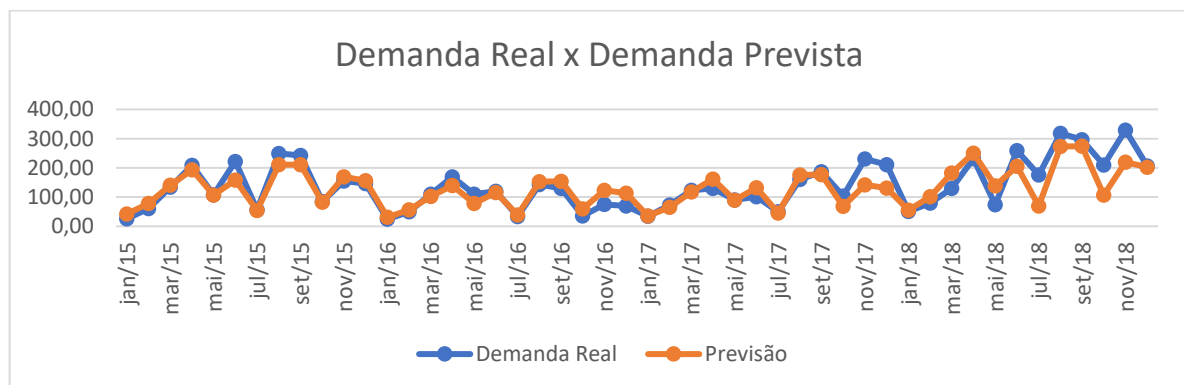
| Índices de Sazonalidades | |
|--------------------------|-------------|
| Jan | 0,308901268 |
| Fev | 0,572635759 |
| Mar | 1,024267104 |
| Abr | 1,406475237 |
| Mai | 0,782121729 |
| Jun | 1,15616846 |
| Jul | 0,39272491 |
| Ago | 1,535652866 |
| Set | 1,541397528 |
| Out | 0,601449138 |
| Nov | 1,236057861 |
| Dez | 1,138030181 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Com isso, foi possível realizar as previsões para os períodos e compará-las aos dados reais, de forma semelhante como foi feito para as rolhas PRIM/SUP. Os valores relativos às previsões e aos erros por períodos estão demonstrados no Apêndice E. Com o intenção de compreender melhor como o método reage as variações de demanda no decorrer dos períodos foi construído um gráfico relacionando as demandas reais e as demandas previstas, bem como o gráfico para validação do modelo, de acordo com a metodologia MAD. Tais gráficos estão dispostos nas Figuras 10 e 11.

Mediante interpretação dos gráficos, confirma-se a usabilidade do método de sazonalidade simples para a estimativa da demanda das rolhas B para a empresa, visto que os erros ficam, em todos os períodos, entre as duas linhas que representam os limites admissíveis para o processo.

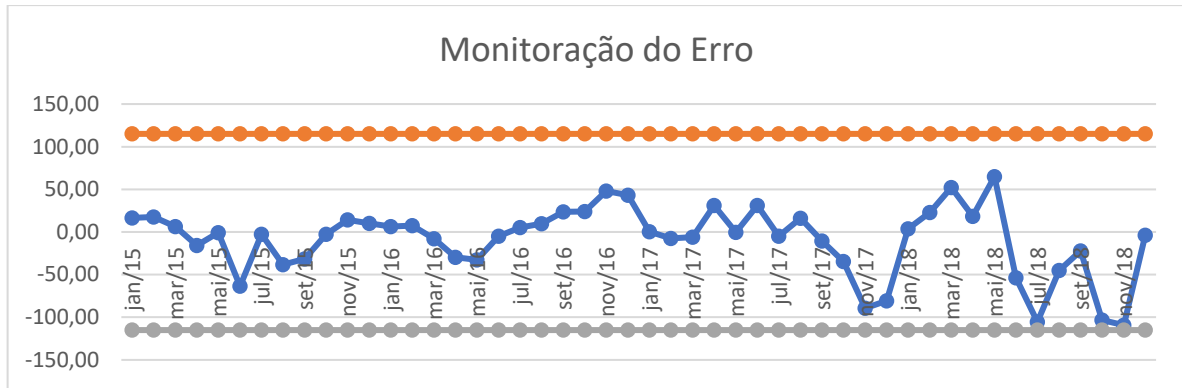
Figura 10 - Comparação demanda real x demanda prevista Rolhas B



*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Figura 11 - Monitoração do erro para Rolhas B



Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.3.3 Previsão para o ano 2019

Tendo em vista a conformidade do modelo escolhido com a série de dados temporais das rolhas B, foi possível determinar a demanda esperada para os próximos períodos, equivalentes aos doze meses do ano de 2019, que estão demonstrados no Quadro 5 e na Figura 12.

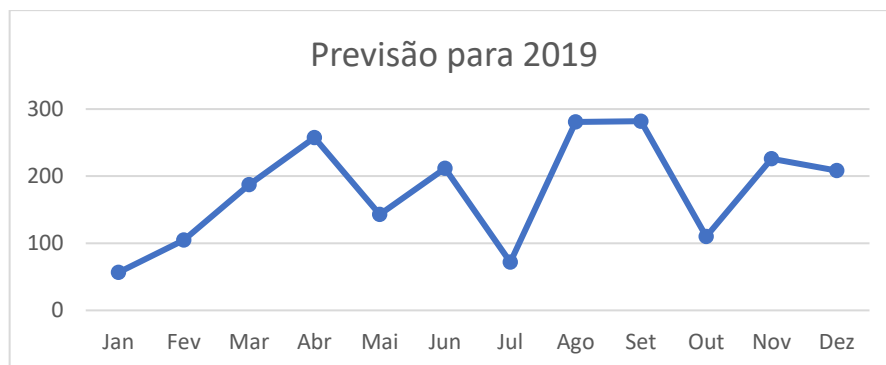
Quadro 5 - Previsões para 2019 Rolhas B

| 2019 | | | |
|---------|-----|--------|----------|
| Período | | Média | Previsão |
| 1 | Jan | 132,27 | 56,50193 |
| 2 | Fev | 132,27 | 104,7423 |
| 3 | Mar | 132,27 | 187,3513 |
| 4 | Abr | 132,27 | 257,262 |
| 5 | Mai | 132,27 | 143,0599 |
| 6 | Jun | 132,27 | 211,4778 |
| 7 | Jul | 132,27 | 71,83433 |
| 8 | Ago | 132,27 | 280,8902 |
| 9 | Set | 132,27 | 281,941 |
| 10 | Out | 132,27 | 110,0126 |
| 11 | Nov | 132,27 | 226,0905 |
| 12 | Dez | 132,27 | 208,16 |

*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Figura 12 - Gráfico de previsões para 2019 Rolhas B



*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

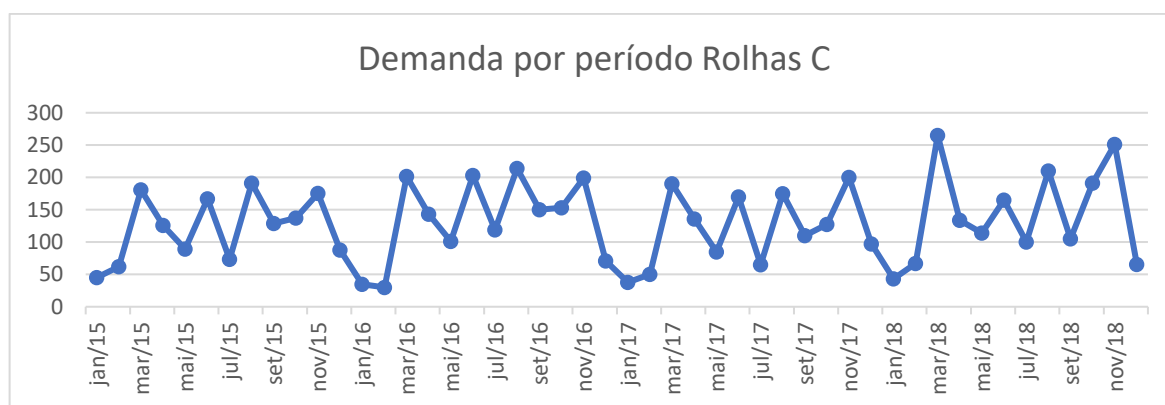
Analogamente às previsões das rolhas PRIM/SUP, para o caso das rolhas B também se espera que a ferramenta sugerida auxilie os gestores na tomada de decisão com relação a quantidade de matéria prima a se comprar/estocar. Porém, para esse caso, recomenda-se, pelo fato de os erros chegarem muito próximos aos limites, verificar o modelo constantemente, abrindo a possibilidade de estudar outra metodologia que se encaixe para o comportamento da demanda em questão.

4.4 ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 C

4.4.1 Análise do histórico de demanda

Para analisar o histórico de demanda, assim como nos outros casos, foram gerados os gráficos das demandas mensais para os quatro anos agregados e também individualmente, que podem ser vistos nas Figuras 13 e 14, nessa ordem.

Figura 13 – Demanda por período Rolhas C

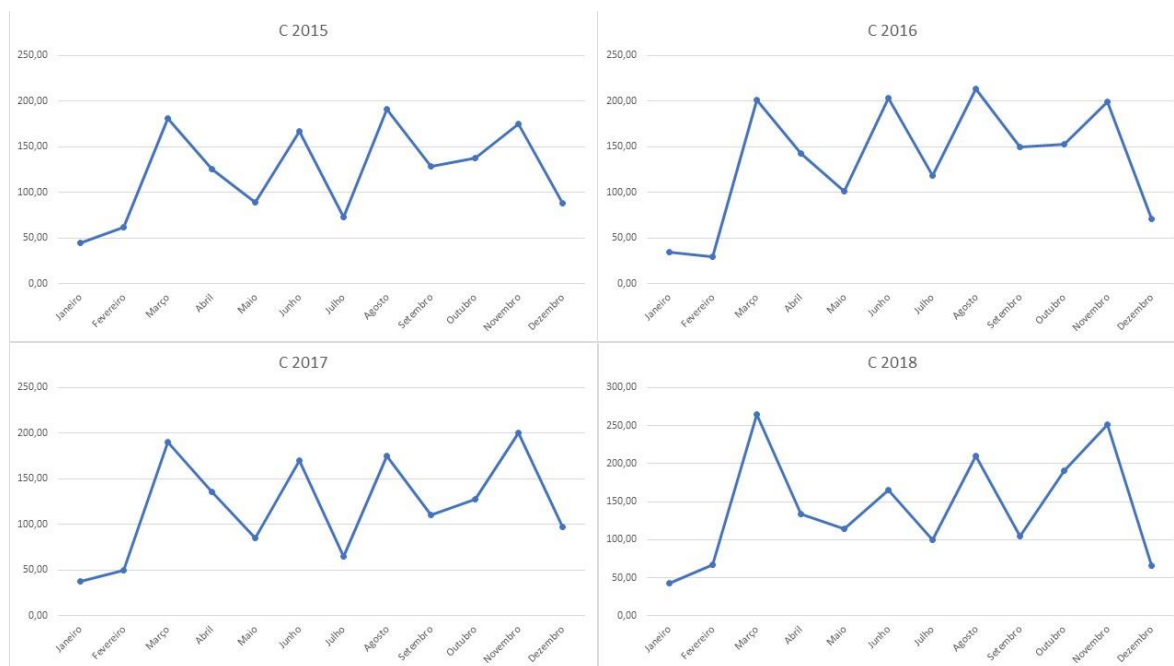


*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Com o auxílio dos gráficos, constatou-se a frequência de um ciclo sazonal com 12 períodos, assim como nos casos dos outros tipos de rolhas. Todavia, nessa série de dados, não se notou um comportamento com tendência significativa, pois os valores das demandas variam em torno de uma média praticamente constante. Consequentemente, o modelo de previsão de demanda sugerido para a estimativa de demanda foi o modelo de sazonalidade simples, tal qual para os outros produtos estudados.

Figura 14 - Demandas por período (ano a ano) Rolhas C



*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

4.4.2 Validação do modelo de previsão de demanda

Haja vista que a técnica de previsão foi a mesma para os três casos analisados, o passo a passo para a validação do modelo e posterior previsão para os próximos períodos realizou-se da mesma forma. Portanto, primeiramente, calculou-se os MMCs e os ISIs, que estão detalhados no Apêndice F.

Com a obtenção desses valores, viabilizou-se a determinação dos índices de sazonalidades por mês, seguindo a mesma lógica utilizada para as outras rolhas, ou seja, efetuando a média dos ISIs referentes aos meses relacionados. Os índices de sazonalidades encontrados podem ser vistos do Quadro 6.

Quadro 6 – Índices de Sazonalidades por mês Rolhas C

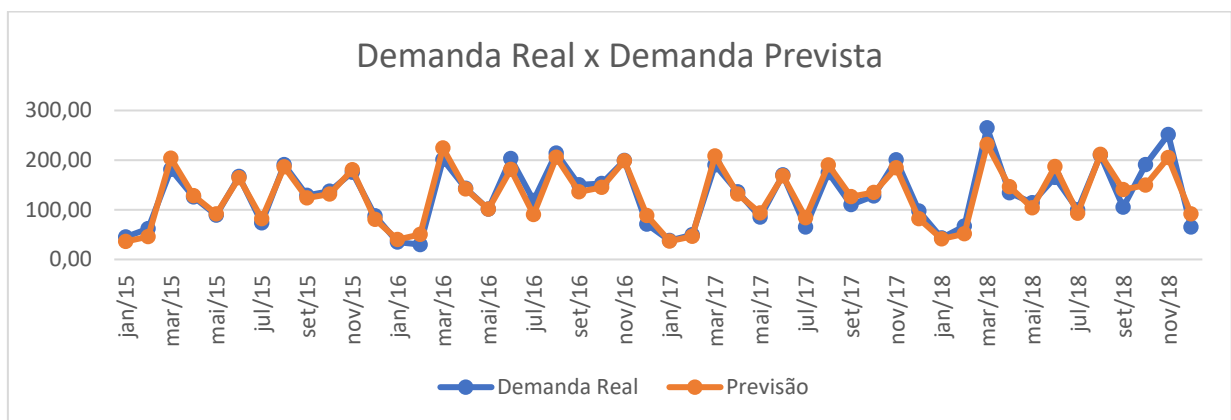
| Índices de Sazonalidades | |
|--------------------------|-------------|
| Jan | 0,298512564 |
| Fev | 0,375798837 |
| Mar | 1,677983267 |
| Abr | 1,05998874 |
| Mai | 0,754680549 |
| Jun | 1,356287197 |
| Jul | 0,673888007 |
| Ago | 1,535986134 |
| Set | 1,019550448 |
| Out | 1,086042119 |
| Nov | 1,486572449 |
| Dez | 0,662886346 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Por intermédio dos índices calculados, executou-se as previsões para os meses de janeiro de 2015 a dezembro de 2018, pretendendo realizar as mesmas análises já mencionadas nos tópicos equivalentes dos outros tipos de rolhas. O Apêndice G mostra os valores das previsões, juntamente com os respectivos erros confrontados com as demandas reais.

A partir disso, gerou-se os gráficos de comparação entre as demandas reais e as demandas previstas, com o intuito de enxergar a proximidade dos valores e também perceber o quão rápido o modelo de adapta as variações na demanda.

Figura 15 - Comparação demanda real x demanda prevista Rolhas C

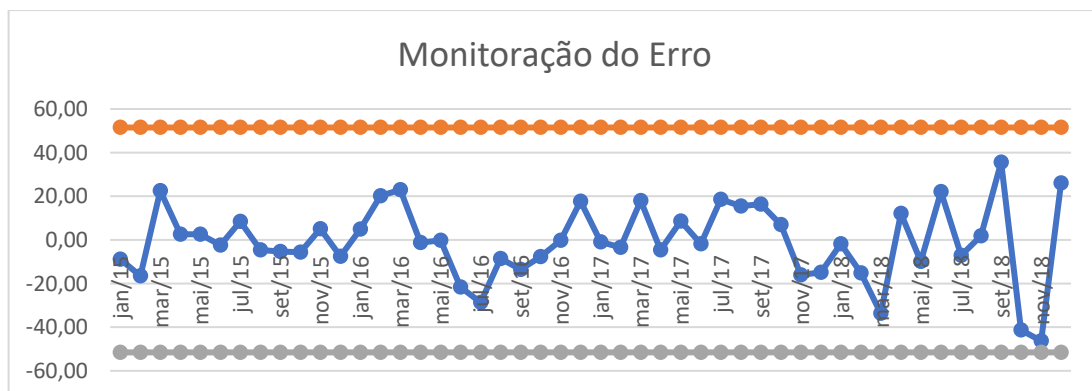


*valores em milhares de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Deste modo, para a concretizar a validação da técnica de previsão, foi aplicada a metodologia MAD, da mesma forma que foi feito para as rolhas PRIM/SUP e B, desejando que os valores dos erros sempre estejam dentro dos limites toleráveis. Para esse fim, elaborou-se o gráfico de monitoração do erro, Figura 16, que mostra que o modelo está de acordo com o objetivo.

Figura 16 – Monitoração do erro Rolhas C



Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Analisando os dados demonstrados para as rolhas C, percebeu-se que o modelo está coerente com a série de dados de demanda, além de ser, dentre os 3 sugeridos, o que apresentou o menor erro acumulado.

4.4.3 Previsão para o ano 2019

As previsões para o ano de 2019 foram feitas da mesma maneira descrita para os outros dois tipos de rolha, tendo em vista que o modelo de previsão sugerido é o mesmo. As estimativas de demanda podem ser visualizadas no Quadro 7 e na Figura 17.

Quadro 7 - Previsões para 2019 Rolhas C

| 2019 | | | |
|---------|-----|--------|----------|
| Período | | Média | Previsão |
| 1 | Jan | 129,25 | 54,60171 |
| 2 | Fev | 129,25 | 68,73834 |
| 3 | Mar | 129,25 | 306,9243 |
| 4 | Abr | 129,25 | 193,8853 |
| 5 | Mai | 129,25 | 138,0406 |
| 6 | Jun | 129,25 | 248,082 |
| 7 | Jul | 129,25 | 123,2626 |
| 8 | Ago | 129,25 | 280,9512 |
| 9 | Set | 129,25 | 186,4886 |
| 10 | Out | 129,25 | 198,6508 |
| 11 | Nov | 129,25 | 271,9128 |
| 12 | Dez | 129,25 | 121,2503 |

*valores em milheiros de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Figura 17 - Gráfico de previsões para 2019 Rolhas C



*valores em milheiros de rolhas

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

Espera-se que o modelo sugerido para as rolhas C seja o mais eficiente dentre os três, tendo em vista que, como já mencionado, o erro acumulado é menor. Entretanto, o aconselhado é fazer a verificação do método a cada período que passar, adicionando o valor da demanda real e analisando o valor do erro, estando sempre atento para possíveis pontos “fora da curva”.

5 CONCLUSÃO

A previsão de demanda é uma atividade extremamente importante e pode ter um papel significativo nas tomadas de decisões do planejamento estratégico da empresa, não só para ter noção do provável número de vendas, mas também para amparar a quantidade de compra de insumos e uma possível antecipação de produção.

Para o caso em questão, foi decidido por fazer o estudo a respeito dos produtos com maior demanda, que poderia trazer um resultado mais considerável aos números da empresa. Para tanto, foi optado pela análise das rolhas de espumante, que são os produtos que têm saída todo mês. Dentro das tipologias das rolhas produzidas, as rolhas PRIM/SUP, B e C se destacam na quantidade comercializada, sendo responsáveis por mais 75% do total.

A análise dos dados históricos dos três tipos de rolhas selecionados para o estudo apresentou um comportamento semelhante, com uma sazonalidade de 12 períodos para todos eles, o que ocasionou na proposta da mesma técnica de previsão para os três produtos, denominada sazonalidade simples. Em suma, os modelos recomendados para cada tipo de rolha mostraram-se adequados segundo a metodologia MAD, que estabelece limites de tolerância para os erros de previsão.

Entretanto, a sugestão para o caso em questão, que envolve um tempo de entrega de matéria prima elevado e um erro que não pode ser considerado baixo dos modelos de previsão, é manter um nível de estoque de segurança, visando conseguir dar continuidade as atividades da empresa caso haja alguma variação de grande volume nas demandas mensais e que não possa ser prevista.

Por mais que se tenha sugerido um modelo de previsão puramente quantitativo para a demanda das rolhas, sabe-se que o ideal para esse mercado é aliar as duas naturezas de técnicas, exigindo experiência do gestor responsável na área, para identificar as tendências para os meses/anos.

A expectativa é de que, como comentado no decorrer da pesquisa, as técnicas propostas auxiliem o gestor da empresa na tomada de decisões, aspirando sempre uma redução de custos e otimização dos recursos.

Dessa forma, considera-se que o objetivo geral da pesquisa foi atingido, visto que os modelos apresentados foram validados e estão aptos a serem utilizados na prática. Por fim, sugere-se uma pesquisa que engloba metodologias mais elaboradas de previsão, procurando diminuir o erro relacionado e dando mais segurança aos gestores nas suas decisões

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- CHASE, R.; JACOBS, F.; ROSEMBERG, M. **Administração de Operações e da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: WCB Mc Graw-Hill, 2012.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.
- CORRÊA, H. L. **Gestão de redes de suprimento: Integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CORREA, H. L.; CORREA, C. A.; **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- FERREIRA, V. E. S.; PAULA, M. F. R.; CARMO, B. B. T.; de ALMEIDA, A. C. P. Utilização de um modelo quantitativo de previsão de demanda para análise da demanda por concreto em uma empresa do oeste potiguar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2013.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2002.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GHIANI, G.; LAPORTE, G.; MUSMANNO, R. **Introduction to logistics systems management**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.
- GHIASSI, M.; ZIMBRA, D.; SAIDANE, H. Medium term system load forecasting with a dynamic artificial neural network model. **Electric Power Systems Research**. v. 76. n. 5. p. 302-316, 2006.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operational Research**. 8 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 2006.
- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.
- LETTI, G. C.; GOMES, L. C. Curva ABC: melhorando o gerenciamento de estoques de produtos acabados para pequenas empresas distribuidoras de alimentos. **Update-Revista de Gestão de Negócios**. v. 1. p. 66-86, 2014.
- MACKRIDAKIS, S.; WHEELRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed. Wiley & Sons, 1998.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

PEINALDO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. 1. ed. Curitiba: Unicenp, 2007.

SANTOS, M. et al. Análise da Sazonalidade da Demanda dos Itens de Alto Valor Agregado: Aplicação do Teste Não-paramétrico de Kruskal-Wallis em uma Multinacional do Setor de Óleo e Gás. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: SIMEPRO, 2016.

SLACK, N. et al. **Gerenciamento de operações e de processos: princípios e práticas de impacto estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e pratica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WANKE, P. **Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens**. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 4, p. 677-687, 2012.

WERNER, L.; LEMOS, F. de O.; DAUDT, T.; Previsão de Demanda e Níveis de Estoque uma Abordagem Conjunta Aplicada no Setor Siderúrgico. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2006.

APÊNDICE A – HISTÓRICO DE DEMANDA (2015 A 2018)

| Ano: 2015 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 PRIM/SUP | 172,00 | 192,00 | 180,00 | 124,00 | 126,00 | 209,00 | 193,00 | 178,00 | 392,00 | 363,00 | 177,00 | 150,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 S/DISCO | | | | | 31,00 | 61,00 | | 65,20 | 43,00 | 1,00 | 201,20 | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 A | | 1,00 | 56,25 | 45,00 | 22,50 | 51,00 | 22,04 | 11,00 | 5,07 | 11,79 | 32,50 | 4,67 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 B | 26,00 | 60,80 | 134,00 | 208,80 | 108,00 | 222,00 | 56,50 | 249,00 | 243,00 | 85,00 | 155,35 | 145,80 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 C | 45,00 | 62,00 | 181,00 | 126,00 | 89,00 | 167,00 | 73,30 | 191,00 | 129,00 | 137,40 | 175,20 | 88,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 EXTRA | 29,00 | 20,00 | 0,50 | 59,00 | 15,00 | 103,00 | | 46,50 | 10,50 | | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 FLOR | | | | | | | | | 0,42 | | | |
| TOTAL | 272,00 | 335,80 | 551,75 | 562,80 | 391,50 | 813,00 | 344,84 | 740,70 | 822,99 | 598,19 | 741,25 | 388,47 |
| Ano: 2016 | | | | | | | | | | | | |
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 PRIM/SUP | 228,00 | 279,00 | 220,00 | 150,00 | 173,00 | 235,00 | 204,33 | 180,00 | 350,00 | 290,00 | 165,00 | 140,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 S/DISCO | 1,00 | 5,00 | 14,50 | | | | | 12,00 | 34,00 | 5,00 | 71,50 | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 A | 3,00 | 11,00 | 79,00 | 18,50 | 6,50 | 36,00 | 15,50 | 20,80 | 1,22 | 6,70 | 1,00 | 199,22 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 B | 24,25 | 49,50 | 110,00 | 169,60 | 110,50 | 120,00 | 34,00 | 143,00 | 130,00 | 36,00 | 75,17 | 70,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 C | 35,00 | 30,00 | 201,50 | 143,00 | 101,20 | 203,00 | 118,80 | 214,00 | 150,00 | 152,90 | 199,00 | 71,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 EXTRA | 60,00 | 42,50 | 30,00 | 38,00 | 59,00 | 30,00 | 110,00 | 37,50 | 23,50 | 139,40 | 44,25 | 1,10 |
| TOTAL | 351,25 | 417,00 | 655,00 | 519,10 | 450,20 | 624,00 | 482,63 | 607,30 | 688,72 | 630,00 | 555,92 | 481,32 |
| Ano: 2017 | | | | | | | | | | | | |
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 PRIM/SUP | 132,00 | 120,00 | 151,00 | 90,00 | 110,00 | 140,00 | 123,00 | 102,00 | 220,00 | 216,00 | 238,00 | 200,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 1D SUPER | | 5,00 | 3,50 | | 35,00 | 115,00 | 219,00 | 32,00 | 135,00 | 20,00 | 2,00 | 566,50 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 S/DISCO | 40,00 | 50,00 | 6,50 | 9,50 | 51,00 | 16,00 | 65,00 | 109,00 | 40,00 | 112,50 | 76,20 | 4,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 A | | 1,50 | 50,00 | 29,00 | 7,55 | 112,00 | 2,00 | 3,00 | 1,42 | 13,00 | 15,55 | 235,02 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 B | 34,90 | 73,30 | 123,30 | 130,00 | 90,00 | 101,40 | 50,00 | 160,00 | 187,00 | 103,50 | 231,00 | 211,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 C | 38,00 | 50,00 | 190,00 | 136,00 | 85,00 | 170,00 | 65,00 | 175,00 | 110,00 | 127,60 | 200,30 | 97,10 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 EXTRA | | | 105,00 | 119,50 | 2,00 | 61,30 | 163,50 | 35,00 | 71,50 | 145,00 | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 FLOR | | | | | | | 0,30 | 0,25 | | | | |
| TOTAL | 244,90 | 299,80 | 629,30 | 514,00 | 380,55 | 715,70 | 687,80 | 616,25 | 764,92 | 737,60 | 763,05 | 1313,62 |
| Ano: 2018 | | | | | | | | | | | | |
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| ROLHAS CHAMPANHE 47X29,5 S/DISCO | | | | | | 66,00 | 110,00 | 16,00 | 5,00 | | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 PRIM/SUP | 145,50 | 159,00 | 134,00 | 56,00 | 130,00 | 145,00 | 121,00 | 100,00 | 190,00 | 174,00 | 138,00 | 67,00 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 1D SUPER | | 38,25 | 12,00 | 42,50 | 80,00 | 48,00 | 206,00 | 60,00 | 255,00 | 30,00 | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 S/DISCO | 11,25 | | | | | | | | | | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 A | 105,00 | 17,50 | 25,00 | | 0,08 | 2,50 | 45,50 | 37,00 | 1,25 | | | |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 B | 51,00 | 79,00 | 130,00 | 231,50 | 74,10 | 259,25 | 175,30 | 318,20 | 296,00 | 210,00 | 329,00 | 206,10 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 C | 43,00 | 67,00 | 265,00 | 134,00 | 114,00 | 165,00 | 100,00 | 210,00 | 105,00 | 191,00 | 251,30 | 65,30 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 EXTRA | 91,00 | 140,00 | 376,00 | 5,00 | 13,00 | 84,50 | 73,50 | 35,00 | 64,40 | 72,50 | 121,18 | 68,10 |
| ROLHAS CHAMPANHE 48X30,5 FLOR | | | 0,52 | | | | | | | | | |
| TOTAL | 446,75 | 500,75 | 942,52 | 469,00 | 411,18 | 770,25 | 831,30 | 776,20 | 916,65 | 677,50 | 839,48 | 406,50 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

APÊNDICE B – MMCs e ISi ROLHAS PRIM/SUP

| ROLHA PRIM/SUP | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----|---------|----------|-------|------|---------|-----|---------|----------|-------|-------|
| Período | | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi | Período | | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi |
| 1 | Jan | 172 | | | | 25 | Jan | 132 | | 169,3 | 0,78 |
| 2 | Fev | 192 | | | | 25,5 | | | 165,9167 | | |
| 3 | Mar | 180 | | | | 26 | Fev | 120 | | 162,7 | 0,738 |
| 4 | Abr | 124 | | | | 26,5 | | | 159,4167 | | |
| 5 | Mai | 126 | | | | 27 | Mar | 151 | | 154 | 0,981 |
| 6 | Jun | 209 | | | | 27,5 | | | 148,5833 | | |
| 6,5 | | | 204,6667 | | | 28 | Abr | 90 | | 145,5 | 0,619 |
| 7 | Jul | 193 | | 207 | 0,93 | 28,5 | | | 142,4167 | | |
| 7,5 | | | 209,3333 | | | 29 | Mai | 110 | | 145,5 | 0,756 |
| 8 | Ago | 178 | | 213 | 0,84 | 29,5 | | | 148,5 | | |
| 8,5 | | | 216,5833 | | | 30 | Jun | 140 | | 151 | 0,927 |
| 9 | Set | 392 | | 218,3 | 1,8 | 30,5 | | | 153,5 | | |
| 9,5 | | | 219,9167 | | | 31 | Jul | 123 | | 154,1 | 0,798 |
| 10 | Out | 363 | | 221 | 1,64 | 31,5 | | | 154,625 | | |
| 10,5 | | | 222,0833 | | | 32 | Ago | 102 | | 156,3 | 0,653 |
| 11 | Nov | 177 | | 224 | 0,79 | 32,5 | | | 157,875 | | |
| 11,5 | | | 226 | | | 33 | Set | 220 | | 157,2 | 1,4 |
| 12 | Dez | 150 | | 227,1 | 0,66 | 33,5 | | | 156,4583 | | |
| 12,5 | | | 228,1667 | | | 34 | Out | 216 | | 155 | 1,393 |
| 13 | Jan | 228 | | 228,6 | 1 | 34,5 | | | 153,625 | | |
| 13,5 | | | 229,1104 | | | 35 | Nov | 238 | | 154,5 | 1,541 |
| 14 | Fev | 279 | | 229,2 | 1,22 | 35,5 | | | 155,2917 | | |
| 14,5 | | | 229,2771 | | | 36 | Dez | 200 | | 155,5 | 1,286 |
| 15 | Mar | 220 | | 227,5 | 0,97 | 36,5 | | | 155,7083 | | |
| 15,5 | | | 225,7771 | | | 37 | Jan | 145,5 | | 155,6 | 0,935 |
| 16 | Abr | 150 | | 222,7 | 0,67 | 37,5 | | | 155,5417 | | |
| 16,5 | | | 219,6938 | | | 38 | Fev | 159 | | 155,5 | 1,023 |
| 17 | Mai | 173 | | 219,2 | 0,79 | 38,5 | | | 155,375 | | |
| 17,5 | | | 218,6938 | | | 39 | Mar | 134 | | 154,1 | 0,869 |
| 18 | Jun | 235 | | 218,3 | 1,08 | 39,5 | | | 152,875 | | |
| 18,5 | | | 217,8604 | | | 40 | Abr | 56 | | 151,1 | 0,371 |
| 19 | Jul | 204,325 | | 213,9 | 0,96 | 40,5 | | | 149,375 | | |
| 19,5 | | | 209,8604 | | | 41 | Mai | 130 | | 145,2 | 0,895 |
| 20 | Ago | 180 | | 203,2 | 0,89 | 41,5 | | | 141,0417 | | |
| 20,5 | | | 196,6104 | | | 42 | Jun | 145 | | 135,5 | 1,07 |
| 21 | Set | 350 | | 193,7 | 1,81 | 42,5 | | | 129,9583 | | |
| 21,5 | | | 190,8604 | | | 43 | Jul | 121 | | | |
| 22 | Out | 290 | | 188,4 | 1,54 | 44 | Ago | 100 | | | |
| 22,5 | | | 185,8604 | | | 45 | Set | 190 | | | |
| 23 | Nov | 165 | | 183,2 | 0,9 | 46 | Out | 174 | | | |
| 23,5 | | | 180,6104 | | | 47 | Nov | 138 | | | |
| 24 | Dez | 140 | | 176,7 | 0,79 | 48 | Dez | 67 | | | |
| 24,5 | | | 172,6938 | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

APÊNDICE C – PREVISÕES E CÁLCULO DO ERRO ROLHAS PRIM/SUP

| ROLHA PRIM/SUP | | | | | | |
|----------------|---------|--------|----------|--------|--------|----------|
| Período | Demanda | Média | Previsão | Erro | Erro | |
| 1 | jan/15 | 172,00 | 218,39 | 197,41 | 25,41 | 25,40929 |
| 2 | fev/15 | 192,00 | 218,39 | 216,77 | 24,77 | 24,77264 |
| 3 | mar/15 | 180,00 | 218,39 | 205,06 | 25,06 | 25,05708 |
| 4 | abr/15 | 124,00 | 218,39 | 121,03 | -2,97 | 2,972107 |
| 5 | mai/15 | 126,00 | 218,39 | 177,68 | 51,68 | 51,67769 |
| 6 | jun/15 | 209,00 | 218,39 | 223,77 | 14,77 | 14,76681 |
| 7 | jul/15 | 193,00 | 218,39 | 195,54 | 2,54 | 2,542305 |
| 8 | ago/15 | 178,00 | 218,39 | 172,84 | -5,16 | 5,158541 |
| 9 | set/15 | 392,00 | 218,39 | 364,16 | -27,84 | 27,83792 |
| 10 | out/15 | 363,00 | 218,39 | 333,07 | -29,93 | 29,93442 |
| 11 | nov/15 | 177,00 | 218,39 | 235,23 | 58,23 | 58,23258 |
| 12 | dez/15 | 150,00 | 218,39 | 199,41 | 49,41 | 49,4067 |
| 13 | jan/16 | 228,00 | 208,72 | 188,67 | -39,33 | 39,33039 |
| 14 | fev/16 | 279,00 | 208,72 | 207,18 | -71,82 | 71,82429 |
| 15 | mar/16 | 220,00 | 208,72 | 195,98 | -24,02 | 24,02118 |
| 16 | abr/16 | 150,00 | 208,72 | 115,67 | -34,33 | 34,33024 |
| 17 | mai/16 | 173,00 | 208,72 | 169,81 | -3,19 | 3,188436 |
| 18 | jun/16 | 235,00 | 208,72 | 213,86 | -21,14 | 21,13977 |
| 19 | jul/16 | 204,33 | 208,72 | 186,89 | -17,44 | 17,43972 |
| 20 | ago/16 | 180,00 | 208,72 | 165,19 | -14,81 | 14,81056 |
| 21 | set/16 | 350,00 | 208,72 | 348,04 | -1,96 | 1,960064 |
| 22 | out/16 | 290,00 | 208,72 | 318,32 | 28,32 | 28,32014 |
| 23 | nov/16 | 165,00 | 208,72 | 224,82 | 59,82 | 59,81839 |
| 24 | dez/16 | 140,00 | 208,72 | 190,58 | 50,58 | 50,57859 |
| 25 | jan/17 | 132,00 | 155,03 | 140,14 | 8,14 | 8,140711 |
| 26 | fev/17 | 120,00 | 155,03 | 153,89 | 33,89 | 33,88674 |
| 27 | mar/17 | 151,00 | 155,03 | 145,57 | -5,43 | 5,430123 |
| 28 | abr/17 | 90,00 | 155,03 | 85,92 | -4,08 | 4,082386 |
| 29 | mai/17 | 110,00 | 155,03 | 126,13 | 16,13 | 16,13327 |
| 30 | jun/17 | 140,00 | 155,03 | 158,85 | 18,85 | 18,8519 |
| 31 | jul/17 | 123,00 | 155,03 | 138,82 | 15,82 | 15,81534 |
| 32 | ago/17 | 102,00 | 155,03 | 122,70 | 20,70 | 20,70003 |
| 33 | set/17 | 220,00 | 155,03 | 258,52 | 38,52 | 38,5184 |
| 34 | out/17 | 216,00 | 155,03 | 236,44 | 20,44 | 20,44301 |
| 35 | nov/17 | 238,00 | 155,03 | 166,99 | -71,01 | 71,00856 |
| 36 | dez/17 | 200,00 | 155,03 | 141,56 | -58,44 | 58,44133 |
| 37 | jan/18 | 145,50 | 149,51 | 135,14 | -10,36 | 10,35549 |
| 38 | fev/18 | 159,00 | 149,51 | 148,40 | -10,60 | 10,59952 |
| 39 | mar/18 | 134,00 | 149,51 | 140,38 | 6,38 | 6,380119 |
| 40 | abr/18 | 56,00 | 149,51 | 82,85 | 26,85 | 26,85454 |
| 41 | mai/18 | 130,00 | 149,51 | 121,64 | -8,36 | 8,363552 |
| 42 | jun/18 | 145,00 | 149,51 | 153,19 | 8,19 | 8,188616 |
| 43 | jul/18 | 121,00 | 149,51 | 133,87 | 12,87 | 12,86639 |
| 44 | ago/18 | 100,00 | 149,51 | 118,33 | 18,33 | 18,32561 |
| 45 | set/18 | 190,00 | 149,51 | 249,30 | 59,30 | 59,30188 |
| 46 | out/18 | 174,00 | 149,51 | 228,01 | 54,01 | 54,01351 |
| 47 | nov/18 | 138,00 | 149,51 | 161,04 | 23,04 | 23,03798 |
| 48 | dez/18 | 67,00 | 149,51 | 136,51 | 69,51 | 69,51192 |
| | | | | | MAD | 27,1621 |
| | | | | | +4MAD | 108,6484 |
| | | | | | -4MAD | -108,648 |

APÊNDICE D - MMCs e ISi ROLHAS B

| ROLHA B | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|----------|-------|------|
| Período | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi | Período | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi | |
| 1 | Jan | 26 | | | 25 | Jan | 38 | | 129 | 0,29 |
| 2 | Fev | 60,8 | | | 25,5 | | 126,7417 | | | |
| 3 | Mar | 134 | | | 26 | Fev | 50 | | 125,1 | 0,4 |
| 4 | Abr | 208,8 | | | 26,5 | | 123,4917 | | | |
| 5 | Mai | 108 | | | 27 | Mar | 190 | | 121,8 | 1,56 |
| 6 | Jun | 222 | | | 27,5 | | 120,1583 | | | |
| 6,5 | | | 141,1875 | | 28 | Abr | 136 | | 119,1 | 1,14 |
| 7 | Jul | 56,5 | | 141,11 | 0,4 | 28,5 | | 118,05 | | |
| 7,5 | | | 141,0417 | | 29 | Mai | 85 | | 118,1 | 0,72 |
| 8 | Ago | 249 | | 140,57 | 1,77 | 29,5 | | 118,1583 | | |
| 8,5 | | | 140,1 | | 30 | Jun | 170 | | 119,2 | 1,43 |
| 9 | Set | 243 | | 139,1 | 1,75 | 30,5 | | 120,3333 | | |
| 9,5 | | | 138,1 | | 31 | Jul | 65 | | 120,5 | 0,54 |
| 10 | Out | 85 | | 136,47 | 0,62 | 31,5 | | 120,75 | | |
| 11 | | | 134,8333 | | 32 | Ago | 175 | | 121,5 | 1,44 |
| 11 | Nov | 155,35 | | 134,94 | 1,15 | 32,5 | | 122,1667 | | |
| 12 | | | 135,0417 | | 33 | Set | 110 | | 125,3 | 0,88 |
| 12 | Dez | 145,8 | | 130,79 | 1,11 | 33,5 | | 128,4167 | | |
| 13 | | | 126,5417 | | 34 | Out | 127,6 | | 128,3 | 0,99 |
| 13 | Jan | 24,25 | | 125,6 | 0,19 | 34,5 | | 128,25 | | |
| 14 | | | 124,6667 | | 35 | Nov | 200,3 | | 129,5 | 1,55 |
| 14 | Fev | 49,5 | | 120,25 | 0,41 | 35,5 | | 130,6667 | | |
| 15 | | | 115,8333 | | 36 | Dez | 97,1 | | 130,5 | 0,74 |
| 15 | Mar | 110 | | 111,13 | 0,99 | 36,5 | | 130,25 | | |
| 16 | | | 106,4167 | | 37 | Jan | 43 | | 131,7 | 0,33 |
| 16 | Abr | 169,6 | | 104,38 | 1,62 | 37,5 | | 133,1667 | | |
| 17 | | | 102,3333 | | 38 | Fev | 67 | | 134,6 | 0,5 |
| 17 | Mai | 110,5 | | 98,993 | 1,12 | 38,5 | | 136,0833 | | |
| 18 | | | 95,65167 | | 39 | Mar | 265 | | 135,9 | 1,95 |
| 18 | Jun | 120 | | 92,493 | 1,3 | 39,5 | | 135,6667 | | |
| 19 | | | 89,335 | | 40 | Abr | 134 | | 138,3 | 0,97 |
| 19 | Jul | 34 | | 89,779 | 0,38 | 40,5 | | 140,95 | | |
| 20 | | | 90,2225 | | 41 | Mai | 114 | | 143,1 | 0,8 |
| 20 | Ago | 143 | | 91,214 | 1,57 | 41,5 | | 145,2 | | |
| 21 | | | 92,20583 | | 42 | Jun | 165 | | 143,9 | 1,15 |
| 21 | Set | 130 | | 92,76 | 1,4 | 42,5 | | 142,55 | | |
| 22 | | | 93,31417 | | 43 | Jul | 100 | | | |
| 22 | Out | 36 | | 91,664 | 0,39 | 44 | Ago | 210 | | |
| 23 | | | 90,01417 | | 45 | Set | 105 | | | |
| 23 | Nov | 75,17 | | 89,16 | 0,84 | 46 | Out | 191 | | |
| 24 | | | 88,30583 | | 47 | Nov | 251,3 | | | |
| 24 | Dez | 70 | | 87,531 | 0,8 | 48 | Dez | 65,3 | | |
| 25 | | | 86,75583 | | | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

APENDICE E - PREVISÕES E CÁLCULO DO ERRO ROLHAS B

| ROLHA B | | | | | | |
|---------|---------|--------|----------|--------|---------|----------|
| Período | Demanda | Média | Previsão | Erro | Erro | |
| 1 | jan/15 | 26,00 | 137,16 | 42,37 | 16,37 | 16,36999 |
| 2 | fev/15 | 60,80 | 137,16 | 78,54 | 17,74 | 17,74475 |
| 3 | mar/15 | 134,00 | 137,16 | 140,49 | 6,49 | 6,492104 |
| 4 | abr/15 | 208,80 | 137,16 | 192,92 | -15,88 | 15,88288 |
| 5 | mai/15 | 108,00 | 137,16 | 107,28 | -0,72 | 0,721414 |
| 6 | jun/15 | 222,00 | 137,16 | 158,58 | -63,42 | 63,41584 |
| 7 | jul/15 | 56,50 | 137,16 | 53,87 | -2,63 | 2,63246 |
| 8 | ago/15 | 249,00 | 137,16 | 210,64 | -38,36 | 38,36441 |
| 9 | set/15 | 243,00 | 137,16 | 211,42 | -31,58 | 31,57646 |
| 10 | out/15 | 85,00 | 137,16 | 82,50 | -2,50 | 2,503106 |
| 11 | nov/15 | 155,35 | 137,16 | 169,54 | 14,19 | 14,19207 |
| 12 | dez/15 | 145,80 | 137,16 | 156,10 | 10,30 | 10,29625 |
| 13 | jan/16 | 24,25 | 99,58 | 30,76 | 6,51 | 6,510077 |
| 14 | fev/16 | 49,50 | 99,58 | 57,02 | 7,52 | 7,522492 |
| 15 | mar/16 | 110,00 | 99,58 | 102,00 | -8,00 | 8,004513 |
| 16 | abr/16 | 169,60 | 99,58 | 140,06 | -29,54 | 29,54461 |
| 17 | mai/16 | 110,50 | 99,58 | 77,88 | -32,62 | 32,61711 |
| 18 | jun/16 | 120,00 | 99,58 | 115,13 | -4,87 | 4,869909 |
| 19 | jul/16 | 34,00 | 99,58 | 39,11 | 5,11 | 5,107151 |
| 20 | ago/16 | 143,00 | 99,58 | 152,92 | 9,92 | 9,918766 |
| 21 | set/16 | 130,00 | 99,58 | 153,49 | 23,49 | 23,49081 |
| 22 | out/16 | 36,00 | 99,58 | 59,89 | 23,89 | 23,8917 |
| 23 | nov/16 | 75,17 | 99,58 | 123,09 | 47,92 | 47,9154 |
| 24 | dez/16 | 70,00 | 99,58 | 113,32 | 43,32 | 43,3239 |
| 25 | jan/17 | 34,90 | 114,60 | 35,40 | 0,50 | 0,499849 |
| 26 | fev/17 | 73,30 | 114,60 | 65,62 | -7,68 | 7,676379 |
| 27 | mar/17 | 123,30 | 114,60 | 117,38 | -5,92 | 5,919772 |
| 28 | abr/17 | 130,00 | 114,60 | 161,18 | 31,18 | 31,18099 |
| 29 | mai/17 | 90,00 | 114,60 | 89,63 | -0,37 | 0,369447 |
| 30 | jun/17 | 101,40 | 114,60 | 132,50 | 31,10 | 31,09602 |
| 31 | jul/17 | 50,00 | 114,60 | 45,01 | -4,99 | 4,994025 |
| 32 | ago/17 | 160,00 | 114,60 | 175,98 | 15,98 | 15,98465 |
| 33 | set/17 | 187,00 | 114,60 | 176,64 | -10,36 | 10,35702 |
| 34 | out/17 | 103,50 | 114,60 | 68,93 | -34,57 | 34,57439 |
| 35 | nov/17 | 231,00 | 114,60 | 141,65 | -89,35 | 89,34871 |
| 36 | dez/17 | 211,00 | 114,60 | 130,42 | -80,58 | 80,58261 |
| 37 | jan/18 | 51,00 | 177,74 | 54,90 | 3,90 | 3,904841 |
| 38 | fev/18 | 79,00 | 177,74 | 101,78 | 22,78 | 22,78163 |
| 39 | mar/18 | 130,00 | 177,74 | 182,06 | 52,06 | 52,05565 |
| 40 | abr/18 | 231,50 | 177,74 | 249,99 | 18,49 | 18,49023 |
| 41 | mai/18 | 74,10 | 177,74 | 139,02 | 64,92 | 64,91616 |
| 42 | jun/18 | 259,25 | 177,74 | 205,50 | -53,75 | 53,74989 |
| 43 | jul/18 | 175,30 | 177,74 | 69,80 | -105,50 | 105,4961 |
| 44 | ago/18 | 318,20 | 177,74 | 272,95 | -45,25 | 45,24943 |
| 45 | set/18 | 296,00 | 177,74 | 273,97 | -22,03 | 22,02836 |
| 46 | out/18 | 210,00 | 177,74 | 106,90 | -103,10 | 103,097 |
| 47 | nov/18 | 329,00 | 177,74 | 219,70 | -109,30 | 109,3002 |
| 48 | dez/18 | 206,10 | 177,74 | 202,28 | -3,82 | 3,823829 |
| | | | | | MAD | 28,75803 |
| | | | | | +4MAD | 115,0321 |
| | | | | | -4MAD | -115,032 |

APÊNDICE F - MMCs e ISi ROLHAS C

| ROLHA C | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|---------|----------|-------|------|
| Período | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi | Período | Demanda | MMC 1/2 | MMC | ISi | |
| 1 | Jan | 45 | | | 25 | Jan | 34,9 | | 87,42 | 0,4 |
| 2 | Fev | 62 | | | 25,5 | | | 88,08917 | | |
| 3 | Mar | 181 | | | 26 | Fev | 73,3 | | 88,8 | 0,83 |
| 4 | Abr | 126 | | | 26,5 | | | 89,50583 | | |
| 5 | Mai | 89 | | | 27 | Mar | 123,3 | | 91,88 | 1,34 |
| 6 | Jun | 167 | | | 27,5 | | | 94,25583 | | |
| 6,5 | | | 121,9917 | | 28 | Abr | 130 | | 97,07 | 1,34 |
| 7 | Jul | 73,3 | | 121,58 | 0,6 | 28,5 | | 99,88083 | | |
| 7,5 | | | 121,1583 | | 29 | Mai | 90 | | 106,4 | 0,85 |
| 8 | Ago | 191 | | 119,83 | 1,59 | 29,5 | | 112,8667 | | |
| 8,5 | | | 118,4917 | | 30 | Jun | 101,4 | | 118,7 | 0,85 |
| 9 | Set | 129 | | 119,35 | 1,08 | 30,5 | | 124,6167 | | |
| 9,5 | | | 120,2 | | 31 | Jul | 50 | | 125,3 | 0,4 |
| 10 | Out | 137,4 | | 120,91 | 1,14 | 31,5 | | 125,9583 | | |
| 11 | | | 121,6167 | | 32 | Ago | 160 | | 126,2 | 1,27 |
| 11 | Nov | 175,2 | | 122,13 | 1,43 | 32,5 | | 126,4333 | | |
| 12 | | | 122,6333 | | 33 | Set | 187 | | 126,7 | 1,48 |
| 12 | Dez | 88 | | 124,13 | 0,71 | 33,5 | | 126,9917 | | |
| 13 | | | 125,6333 | | 34 | Out | 103,5 | | 131,2 | 0,79 |
| 13 | Jan | 35 | | 127,53 | 0,27 | 34,5 | | 135,45 | | |
| 14 | | | 129,425 | | 35 | Nov | 231 | | 134,8 | 1,71 |
| 14 | Fev | 30 | | 130,38 | 0,23 | 35,5 | | 134,125 | | |
| 15 | | | 131,3417 | | 36 | Dez | 211 | | 140,7 | 1,5 |
| 15 | Mar | 201,5 | | 132,22 | 1,52 | 36,5 | | 147,2792 | | |
| 16 | | | 133,0917 | | 37 | Jan | 51 | | 152,5 | 0,33 |
| 16 | Abr | 143 | | 133,74 | 1,07 | 37,5 | | 157,7208 | | |
| 17 | | | 134,3833 | | 38 | Fev | 79 | | 164,3 | 0,48 |
| 17 | Mai | 101,2 | | 135,38 | 0,75 | 38,5 | | 170,9042 | | |
| 18 | | | 136,3667 | | 39 | Mar | 130 | | 175,4 | 0,74 |
| 18 | Jun | 203 | | 135,66 | 1,5 | 39,5 | | 179,9875 | | |
| 19 | | | 134,95 | | 40 | Abr | 231,5 | | 184,4 | 1,26 |
| 19 | Jul | 118,8 | | 135,08 | 0,88 | 40,5 | | 188,8625 | | |
| 20 | | | 135,2 | | 41 | Mai | 74,1 | | 192,9 | 0,38 |
| 20 | Ago | 214 | | 136,03 | 1,57 | 41,5 | | 197,0292 | | |
| 21 | | | 136,8667 | | 42 | Jun | 259,25 | | 196,8 | 1,32 |
| 21 | Set | 150 | | 136,39 | 1,1 | 42,5 | | 196,6208 | | |
| 22 | | | 135,9083 | | 43 | Jul | 175,3 | | | |
| 22 | Out | 152,9 | | 135,62 | 1,13 | 44 | Ago | 318,2 | | |
| 23 | | | 135,325 | | 45 | Set | 296 | | | |
| 23 | Nov | 199 | | 134,65 | 1,48 | 46 | Out | 210 | | |
| 24 | | | 133,975 | | 47 | Nov | 329 | | | |
| 24 | Dez | 71 | | 132,6 | 0,54 | 48 | Dez | 206,1 | | |
| 25 | | | 131,225 | | | | | | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

APÊNDICE G - PREVISÕES E CÁLCULO DO ERRO ROLHAS C

| ROLHA C | | | | | | |
|---------|---------|--------|----------|--------|--------|----------|
| Período | Demanda | Média | Previsão | Erro | Erro | |
| 1 | jan/15 | 45,00 | 121,32 | 36,22 | -8,78 | 8,784829 |
| 2 | fev/15 | 62,00 | 121,32 | 45,59 | -16,41 | 16,40855 |
| 3 | mar/15 | 181,00 | 121,32 | 203,57 | 22,57 | 22,57083 |
| 4 | abr/15 | 126,00 | 121,32 | 128,60 | 2,60 | 2,596509 |
| 5 | mai/15 | 89,00 | 121,32 | 91,56 | 2,56 | 2,556901 |
| 6 | jun/15 | 167,00 | 121,32 | 164,54 | -2,46 | 2,456933 |
| 7 | jul/15 | 73,30 | 121,32 | 81,76 | 8,46 | 8,455251 |
| 8 | ago/15 | 191,00 | 121,32 | 186,34 | -4,66 | 4,656082 |
| 9 | set/15 | 129,00 | 121,32 | 123,69 | -5,31 | 5,309414 |
| 10 | out/15 | 137,40 | 121,32 | 131,76 | -5,64 | 5,642728 |
| 11 | nov/15 | 175,20 | 121,32 | 180,35 | 5,15 | 5,149111 |
| 12 | dez/15 | 88,00 | 121,32 | 80,42 | -7,58 | 7,579457 |
| 13 | jan/16 | 35,00 | 133,77 | 39,93 | 4,93 | 4,932585 |
| 14 | fev/16 | 30,00 | 133,77 | 50,27 | 20,27 | 20,27132 |
| 15 | mar/16 | 201,50 | 133,77 | 224,47 | 22,97 | 22,96697 |
| 16 | abr/16 | 143,00 | 133,77 | 141,80 | -1,20 | 1,203319 |
| 17 | mai/16 | 101,20 | 133,77 | 100,96 | -0,24 | 0,244968 |
| 18 | jun/16 | 203,00 | 133,77 | 181,43 | -21,57 | 21,56692 |
| 19 | jul/16 | 118,80 | 133,77 | 90,15 | -28,65 | 28,65274 |
| 20 | ago/16 | 214,00 | 133,77 | 205,47 | -8,53 | 8,528255 |
| 21 | set/16 | 150,00 | 133,77 | 136,39 | -13,61 | 13,61282 |
| 22 | out/16 | 152,90 | 133,77 | 145,28 | -7,62 | 7,618109 |
| 23 | nov/16 | 199,00 | 133,77 | 198,86 | -0,14 | 0,138416 |
| 24 | dez/16 | 71,00 | 133,77 | 88,68 | 17,68 | 17,67555 |
| 25 | jan/17 | 38,00 | 123,99 | 37,01 | -0,99 | 0,986411 |
| 26 | fev/17 | 50,00 | 123,99 | 46,60 | -3,40 | 3,403423 |
| 27 | mar/17 | 190,00 | 123,99 | 208,06 | 18,06 | 18,05886 |
| 28 | abr/17 | 136,00 | 123,99 | 131,43 | -4,57 | 4,568389 |
| 29 | mai/17 | 85,00 | 123,99 | 93,58 | 8,58 | 8,575409 |
| 30 | jun/17 | 170,00 | 123,99 | 168,17 | -1,83 | 1,829335 |
| 31 | jul/17 | 65,00 | 123,99 | 83,56 | 18,56 | 18,55767 |
| 32 | ago/17 | 175,00 | 123,99 | 190,45 | 15,45 | 15,45215 |
| 33 | set/17 | 110,00 | 123,99 | 126,42 | 16,42 | 16,41753 |
| 34 | out/17 | 127,60 | 123,99 | 134,66 | 7,06 | 7,062058 |
| 35 | nov/17 | 200,30 | 123,99 | 184,33 | -15,97 | 15,97482 |
| 36 | dez/17 | 97,10 | 123,99 | 82,19 | -14,91 | 14,90647 |
| 37 | jan/18 | 43,00 | 137,91 | 41,17 | -1,83 | 1,831801 |
| 38 | fev/18 | 67,00 | 137,91 | 51,83 | -15,17 | 15,17316 |
| 39 | mar/18 | 265,00 | 137,91 | 231,41 | -33,59 | 33,58746 |
| 40 | abr/18 | 134,00 | 137,91 | 146,18 | 12,18 | 12,18422 |
| 41 | mai/18 | 114,00 | 137,91 | 104,08 | -9,92 | 9,921167 |
| 42 | jun/18 | 165,00 | 137,91 | 187,05 | 22,05 | 22,04707 |
| 43 | jul/18 | 100,00 | 137,91 | 92,94 | -7,06 | 7,063356 |
| 44 | ago/18 | 210,00 | 137,91 | 211,83 | 1,83 | 1,829554 |
| 45 | set/18 | 105,00 | 137,91 | 140,61 | 35,61 | 35,60734 |
| 46 | out/18 | 191,00 | 137,91 | 149,78 | -41,22 | 41,22272 |
| 47 | nov/18 | 251,30 | 137,91 | 205,01 | -46,29 | 46,28514 |
| 48 | dez/18 | 65,30 | 137,91 | 91,42 | 26,12 | 26,11939 |
| | | | | | MAD | 12,88007 |
| | | | | | +4MAD | 51,52029 |
| | | | | | -4MAD | -51,5203 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019)