



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL – FACES
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FELIPE BAISSO DE ALMEIDA
HENRIQUE PERES CESAR

Aplicação de métodos de previsão de demanda em uma indústria do setor
alimentício.

ITUIUTABA-MG
DEZEMBRO-2018

FELIPE BAISSO DE ALMEIDA
HENRIQUE PERES CESAR

Aplicação de métodos de previsão de demanda em uma indústria do setor alimentício.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia, Campus Pontal –
FACES/UFU, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Batista Penteado

ITUIUTABA-MG
DEZEMBRO-2018

RESUMO

O presente trabalho foi realizado em uma indústria que atua no segmento de torrefação, moagem e distribuição de café. Foram desenvolvidos conceitos e ferramentas de previsão de demanda cuja abordagem foi relacionada em séries temporais e sugerido uma nova metodologia de previsão para as vendas futuras da empresa. Foi otimizado o modelo de previsão atual adotado, maximizando sua assertividade através da redução do erro percentual médio absoluto (MAPE), baseado nas vendas dos últimos 18 meses para aplicação dos métodos Média Móvel Simples, Média Móvel ponderada, Suavização Exponencial Simples e Suavização Exponencial Dupla e baseou-se nos dados dos últimos 3 anos para aplicação do método de Suavização Exponencial com Sazonalidade e Tendência. Através da aplicação desses cinco métodos, foi possível compreender e encontrar o modelo que melhor se adequa as peculiaridades da empresa e assim reduzir de forma significativa a margem de erro de vendas futuras previstas.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de demanda; Séries temporais; Torrefação; Indústria; Moagem; Café.

ABSTRACT

The present work was developed in an industry that works with roasting, grinding and distribution of coffee. We sought to develop demand forecasting concepts and tools related to the time series approach and to suggest a new methodology for the forecast. The current forecasting model was optimized, maximizing its assertiveness by reducing the Mean Absolute Error (MAE) based on sales made in the last 18 periods. Through the application of The Simple Moving Average (SMA), Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, Double Exponential Smoothing and Exponential Smoothing with Seasonality and Trend it was possible to find the model that best suits with peculiarities of the company and thus reduce the margin of error of form the expected total for the company's future sales.

Keywords: Demand forecast; Time series; Roasting; Industry; Milling; Coffee.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Relação entre as características importantes no processo de previsão de vendas _____	13
Tabela 2 - Métodos de previsão _____	16
Tabela 3 - Legenda Média móvel simples _____	19
Tabela 4 - Legenda Média móvel ponderada _____	20
Tabela 5 - Legenda Suavização exponencial simples _____	21
Tabela 6 - Legenda Suavização exponencial dupla _____	23
Tabela 7 - Legenda Suavização exponencial com sazonalidade e tendência _____	24
Tabela 8 - MAPE _____	26
Tabela 9 - Demanda histórica _____	27
Tabela 10 - Previsão realizada pela empresa _____	28
Tabela 13 _____	30
Tabela 14 – Aplicação da média móvel simples $n=4$ _____	31
Tabela 16 – Média móvel ponderada 1º ponderação _____	32
Tabela 17 - Média móvel ponderada 2º ponderação _____	33
Tabela 18 - Média móvel ponderada 3º ponderação _____	33
Tabela 19 - Média móvel ponderada 4º ponderação _____	34
Tabela 20 – Média móvel ponderada $n = 5$ _____	35
Tabela 22- Método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\alpha = 0,4$ e $\alpha = 0,8$ _____	36
Tabela 23 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,03$, $\alpha = 0,09$ e $\alpha = 0,06$ _____	37
Tabela 28 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,6$ _____	39
Tabela 29 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,8$ _____	39
Tabela 30 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,5$. _____	40
Tabela 32 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,5$ e $\gamma=0,7$ _____	43
Tabela 33 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,4$ e $\gamma=0,8$ _____	43
Tabela 34 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,6$ e $\gamma=0,9$ _____	44
Tabela 35 - Resultados obtidos _____	45
Tabela 36- Método com menor MAPE. _____	46
Tabela 37 - Cálculo do MAPE realizado pela previsão da indústria _____	46

LISTA DE FÓRMULAS

Equação 1 – Média Móvel Simples	20
Equação 2 – Média Móvel Ponderada	21
Equação 3 – Suavização Exponencial Simples	22
Equação 4 – Nível observado no período	24
Equação 5 – Cálculo da tendência	24
Equação 6 – Suavização exponencial dupla	24
Equação 7 – Valor suavizado no período t	25
Equação 8 – Estimativa de tendência	25
Equação 9 – Estimativa da sazonalidade do período t	25
Equação 10 – Método de Winter	25
Equação 11 – MAPE	27
Equação 12 – Tendência para o primeiro período	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume 1º semestre referentes a 2017/2018	29
Figura 2 - Gráfico Média móvel simples x Demanda histórica	31
Figura 3 - Média móvel ponderada $n=5$	34
Figura 4 - Gráfico exponencial simples $\alpha=4$	37
Figura 5 – Método exponencial dupla $\alpha=0,9/ \alpha=0,6$	41
Figura 6- Gráfico da demanda e previsão do método de Winters	44

1 INTRODUÇÃO

Métodos de previsão de demanda são ferramentas fundamentais para organizações que buscam compreender o próprio negócio. Segundo (CONSUL & WERNER, 2010) a importância da previsão de demanda fica evidente já que justifica o “que”, “quanto” e “quando” comprar. Nesse mesmo contexto, o “o que”, “quanto” e “quando”, resumem inúmeras situações que gestores enfrentam no dia a dia de operação, independentemente do segmento em que atuam.

Prever com alta acurácia o volume de produtos ou serviços que podem ser demandados, permitem um melhor planejamento de investimentos, reformulação de estratégias operacionais, ações de marketing, nível seguro de estoque e diversos outros fatores que podem contribuir com a redução de custos, já que segundo (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, & HYNDMAN, 1998), realizar previsões de demanda é fundamental na determinação dos recursos necessários para a organização.

Planejar o processo de tomada de decisões, tanto estratégicas quanto operacionais, é a base para um bom planejamento, segundo HILL (1994) a definição de políticas, quantidade produzida e outras medidas associadas ao planejamento estratégico da organização podem ser obtidas através dos métodos de previsão, medidas essas que podem influenciar diretamente no comportamento e saúde da organização. Quando se estipula com maior acurácia o que deve ser produzido, é possível antecipar oportunidades e ameaças, e tomar decisões, que impactem diretamente nos seus custos de operação, influenciando então o seu desempenho como organização.

Com o avanço da tecnologia, a informação é compartilhada com maior rapidez, novas ferramentas e equipamentos tornam concorrentes cada vez mais agressivos e realizar o cálculo de previsão pode ser o fator que atribua uma grande vantagem competitiva nessa corrida. A previsão de demanda é uma tarefa que quando não realizada da maneira correta, pode gerar muito esforço e trazer um resultado ilusório, que não representa a realidade da empresa, principalmente por ser muitas vezes parecer ser muito inconstante e imprevisível. Porém, quanto mais imprevisível for a demanda, mais relevante se torna dispor de uma previsão de demanda de boa acurácia (WERNER, 2004), como é o caso do setor estudado.

A elaboração de previsões de demanda com o menor erro possível é então uma necessidade e ao mesmo tempo uma oportunidade, já que, quando conhecido e definido um

modelo de previsão de demanda com maior potencial de acerto pode trazer economia considerável para o negócio em relação a uma melhor compra de matéria prima, redução de custos de estocagem e operacionais contribuindo em relação a um melhor planejamento anual da empresa.

A indústria escolhida atua no segmento de torrefação, moagem e distribuição de café, fornece café em almofada, vácuo e em grãos para mais de 90 municípios e tem como seu principal custo a matéria prima, grão de café cru, que representa 60% de sua receita total. O mercado de café, assim como vários outros segmentos de commodities funciona com base na especulação do rendimento da safra futura, seu valor de venda flutua diariamente, fazendo com que os gestores responsáveis pela compra desse produto, necessitem analisar diariamente essas flutuações, visando comprar o grão no melhor momento possível, ou seja, menor custo e alto padrão de qualidade. Atualmente a indústria realiza previsões anuais, estipulados com referência ao volume vendido no ano anterior, e faz o planejamento orçamentário do ano com base nessa previsão.

Previsões assertivas, conforme explica (WERNER, 2004), construídas a partir de mais de um método, são extremamente complexas e necessitam de um alto grau de informações e entendimento do mercado, porém, a aplicação de métodos já conhecidos, visando identificar o que melhor se adapta a realidade da organização, pode trazer grandes melhorias nos resultados e no tempo gasto para seu desenvolvimento em relação a métodos sem embasamento teórico que além de pouco eficazes, também demandam grande tempo para seu desenvolvimento.

Assim, este estudo se propõe a analisar técnicas quantitativas baseada em séries temporais de previsão de demanda. Essa abordagem segue o princípio de que os fatores que influenciaram o passado serão os mesmo que influenciarão o futuro, sendo assim, alguns métodos, que mais a frente serão abordados, serão testados em uma empresa do segmento alimentício, buscando identificar um modelo viável para o negócio e que atenda às suas necessidades de mercado, reduzindo o nível de perdas, buscando otimizar o modelo de previsão atual aumentando sua assertividade e por consequente auxiliando os gestores na tomada de decisão para que possam reduzir custos e alinhar melhor suas decisões com o planejamento estratégico da organização.

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo analisar alguns dos métodos de previsão de demanda

relacionados a abordagem baseada em séries temporais do produto de uma indústria de moagem, torrefação e distribuição.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a importância da previsão de demanda no âmbito do gerenciamento da produção;
- Definir métodos de previsão de demanda;
- Testar modelos de previsão de demanda para se chegar ao modelo viável para o caso estudado.
- Propor melhorias no modelo de previsão, objetivando a minimização do erro e maximizando a assertividade do planejamento anual da empresa.

1.3 Justificativa

O setor de torrefação, dadas as características do negócio e dos produtos, baseado no alto valor de custo de seu insumo primário, está entre os que mais requerem a adoção de estratégias de previsão de demanda que sejam eficazes em termos de acurácia, previsões essas que podem contribuir na melhor assertividade do planejamento anual, possibilitando melhores tomadas de decisão primordiais ao resultado futuro e boa saúde da empresa.

A escolha da abordagem do presente trabalho, teve como motivação inicial, do ponto de vista acadêmico, entender sobre algumas técnicas de previsão de demanda para então experimentá-las comparativamente, de maneira a explorar conceitos e experiência práticos à formação profissional em Engenharia de Produção como também teóricos. De forma geral, espera-se compreender os modelos aqui empregados e concluir com a definição de um modelo viável para a empresa estudada, beneficiando-a em termos de redução de custos e aumento de eficiência operacional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção consiste em apresentar a base teórica para os métodos de previsão de demanda, acompanhado das etapas do processo de previsão e informações relevantes para o estudo.

2.1 Previsão de demanda

As organizações diariamente dependem de tomadas de decisões, que procuram se basear em fatores contextuais, oportunidades que o mercado oferece, otimização de recursos financeiros, humanos, tecnológicos e produtivos. A previsão de demanda, seja de produtos ou serviços, é fundamental no auxílio a tomadas de decisões, fornece as informações básicas, porém com alto grau de importância, para o planejamento e controle de todas as áreas da organização, sejam eles de logística, marketing, produção ou finanças (MURDICK & GEORGOFF, 1993); (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, & HYNDMAN, 1998); (BALLOU, 2001).

Previsões acuradas ajudam na identificação de prioridades, no desenvolvimento de estratégias, na alocação de recursos e avaliação do método usado para gerar as previsões (THOMAS, 1987); (LYNN, SCHNAARS, & SKOV, 1999). Operações eficientes, seja da produção ou serviços, garantem as organizações informações de demandas futuras mais precisas, além de permitir que planejem expansões de capacidade e reduzam perdas nas vendas e estoque, fatores esses que podem acarretar altos níveis de serviço aos clientes (KOTLER, 1991) (MOON, 1998); (KAHN, 1982). A acurácia de uma previsão seja de produtos ou serviços está relacionada à capacidade do método em estimar com mais acurácia os valores futuros estudados (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, & HYNDMAN, 1998).

No processo preditivo, erros são inevitáveis, mesmo com a utilização de métodos de previsão computacionais, os resultados são limitados pela acurácia das suposições nas quais estamos se baseando (EVANS, 1982). Obter resultados ótimos de previsão depende diretamente da precisão dos dados de entrada do sistema, assim como da estabilidade no processo de coleta dos dados, do horizonte de previsão que está sendo estudado, de flutuações de demanda e do método de previsão utilizado (ELSAYED & BOUCHER, 1994). Quanto mais instável a demanda, mais crítica é a precisão da previsão e mais elaborado é o sistema de previsão necessário (KOTLER, 1991).

Padrões podem ser entendidos como são semelhanças em comportamentos, quando se trata de demanda são resultados da variação que acontece com o tempo, que podem ser tanto relacionadas ao aumento ou redução de taxas de demanda, sazonalidades e causas gerais (BALLOU, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4. ed., 2001). Segundo STEVENSON (2007), TUBINO (2007) e SIPPER (1997), existem cinco passos que representam as etapas que compõem o processo de previsão, (i)

Identificar o objetivo da previsão, (ii) Selecionar uma abordagem de previsão, (iii) Selecionar os métodos de previsão e estimar parâmetros, (iv) Elaborar a previsão, (v) Monitorar, interpretar e atualizar a previsão.

Para TUBINO (2007), os métodos de previsão de demanda são essenciais no processo de tomada de decisão. Uma previsão de demanda com acurácia pode proporcionar para a empresa que a utiliza, maior competitividade no mercado (VEIGA, VEIGA, & DUCLÓS, 2010). Nesta mesma lógica, para que os resultados das previsões sejam coerentes com a realidade, faz-se necessário a escolha de um método de previsão adequado. Segundo (GODINHO & FERNANDES, 2010) a escolha do método de previsão depende de um maior conhecimento de cada método e do comportamento dos dados.

2.1.1 Métodos quantitativos

Os métodos quantitativos são aqueles métodos organizados e estruturados que podem ser reaplicados por outros analistas e as previsões encontradas são semelhantes os originais (ARMSTRONG, 1983). Em resumo, podemos classificar esses métodos em métodos de séries temporais e métodos causais. Os métodos de séries temporais envolvem a análise estatística de dados passados da variável a ser prevista. Métodos causais são baseados em fatores passados, de modo a se determinar padrões e metodologias que possam relacionar esses acontecimentos na análise estatística de acontecimentos passados de variáveis que estão relacionados à variável de interesse para a previsão (ARCHER, 1980).

Os métodos quantitativos utilizam dados históricos para descrever seu comportamento através de um modelo matemático e prever os dados futuros. Apesar de retornar a previsão em formas de números mais precisos possível, os métodos quantitativos não explicam grandes variações inesperadas dos dados, (YAMAMOTO, 2007).

2.2 As etapas do processo de previsão

Esta seção consiste em apresentar a metodologia empregada, para realização das etapas de previsão.

2.2.1 Identificar o objetivo da previsão

O primeiro passo das etapas do processo de previsão é a identificação do objetivo da previsão. É importante saber quais processos serão afetados pela previsão de demanda para identificar a necessidade real de sua aplicação. Pontos importantes nesse passo são: o que será previsto, número de itens na previsão, valor agregado dos itens, nível de agregação, horizonte de planejamento da decisão necessária (longo, médio ou curto prazo), o grau de detalhe requerido para previsão (previsões mensais, semanais, etc.), o volume dos recursos a serem utilizados (mão de obra, tempo computacional, dinheiro, etc.), e o nível de exatidão necessário (GODINHO, 2010).

A previsão de demanda, segundo TUBINO (2009), tem o objetivo de auxiliar e esquematizar o sistema de produção. Além disso, as previsões de demanda são essenciais na manutenção de várias atividades do gerenciamento da produção, como a gestão de estoque, capacidade produtiva, planejamento agregado e plano mestre de produção (PELLEGRINI & FOGLIATTO, 2001).

O trabalho de previsão compreende a realização de algumas etapas antes do objetivo final de determinação da participação do produto. A primeira etapa de um trabalho de previsão compreende o dimensionamento do segmento para o qual o produto se destina e a identificação do objetivo (Armstrong, 1999)

Segundo Godinho (2010), a primeira etapa para um correto planejamento é a de se realizar estimativas com base em previsões de qual será a demanda futura de produtos e os recursos que serão necessários para produzi-los. Desta forma, otimizam-se as tomadas de decisões em todos os horizontes de planejamento, muitas vezes através de diversos tipos de previsões.

Tabela 1 - Relação entre as características importantes no processo de previsão de vendas

Horizonte de planejamento da decisão	Nível de agregação	Grau de detalhe requerido	Nível de exatidão necessária
Longo Prazo	Alto	Previsões anuais	Médio
Médio Prazo	Médio	Previsões mensais	Médio/Alto
Curto Prazo	Baixo	Previsões mensais e semanais	Alto

Fonte: (GODINHO, 2010, p.19).

2.2.2 Selecionar uma abordagem de previsão

A integração de métodos de previsão de demanda (junção de previsões quantitativas com o know-how dos especialistas) é o método mais utilizado no meio empresarial, correspondendo a aproximadamente 50% dos casos. Desses, 34% referem-se aos ajustes realizados em previsões quantitativas (Fildes & Goodwin, 2007).

Os métodos que compõem as previsões de demanda podem ser classificados de forma simplória em métodos quantitativos e qualitativos (MONTGOMERY, JOHNSON, & GARDINER, 1990). Métodos quantitativos são aqueles baseados na estrutura de séries temporais históricas e na previsão de eventos futuros conforme a mesma estrutura (SPPEDING & CHAN, 2000). Métodos qualitativos envolvem estimações subjetivas através do conhecimento, know-how, de especialistas e consumidores (MONTGOMERY, JOHNSON, & GARDINER, 1990). Selecionar uma abordagem de previsão, seja ela qualitativa, causal ou baseada em séries temporais, necessita de quatro importantes pontos: (i) a existência ou não de dados; (ii) a possibilidade de coletas desses dados; (iii) a natureza dos dados; (iv) a existência ou não de fatores causais (GODINHO, 2010).

Após definidos os objetivos da previsão é necessário identificar se os dados estão ou não disponíveis, considerando que não existam dados é necessário analisar a possibilidade para coletá-los, caso não seja possível o estudo terá uma abordagem qualitativa (GODINHO, 2010).

Segundo Tubino (2007), as técnicas quantitativas podem ser subdivididas em dois grandes grupos: técnicas baseadas em séries temporais e as séries baseadas em correlações.

Caso os dados já estejam prontos ou seja possível coletá-los a próxima etapa é a análise dos dados onde desejamos identificar a natureza dos dados, nessa etapa é possível que os dados tenham caráter qualitativo ou quantitativo, após identificar que os dados são quantitativos a próxima etapa se baseia em analisar a existência ou não de fatores causais, caso seja identificado é adotado a abordagem causal, senão a abordagem será baseada em séries temporais (GODINHO, 2010).

2.2.3 Selecionar os métodos de previsão e estimar os parâmetros

Neste passo, caso exista dados quantitativos, parâmetros como constante de suavização, taxa de tendência, índice sazonal, dentre outros, deve ser estimado. Essa estimativa deve ser feita simulando-se para diferentes valores dos parâmetros, a previsão para períodos passados e

comparando-se com os dados reais desses períodos. Sendo assim, parâmetros que fornecem uma melhor previsão, ou seja, que tenha um menor erro, devem ser escolhidos (GODINHO, 2010).

As técnicas quantitativas necessitam de uma sequência de observações seguidos por um padrão de demanda histórico, auxiliados pelo uso de modelos matemáticos, é possível estimar valores futuros com alguma precisão (ELSAYED & BOUCHER, 1994). Os métodos qualitativos são historicamente os mais utilizados na previsão da demanda (MENTZER & COX, 1984). Tais métodos, apesar de apresentarem baixo grau de precisão, continuam sendo amplamente utilizados nas empresas, mesmo com a difusão dos métodos de Forecasting (SANDERS & MANRODT, 1994). Elaborar previsões de demanda buscando o menor erro possível é um desafio constante para as organizações (CHASE, 2013), visto que pesquisadores concordam que ambos os métodos, qualitativo e quantitativo, têm pontos fortes e fracos (SANDERS & RITZMAN, 2001).

É muito comum identificar organizações que utilizam como método de previsão a média histórica acrescida de uma projeção da empresa, o que limita os parâmetros no passado e compromete as estimativas futuras, segundo (SILVA, 2006) essa prática é a mais comum nos tempos de hoje.

A análise de séries temporais utiliza o histórico de demanda para prever o futuro, assumindo que os padrões de dados passados, como tendência e sazonalidade, permanecerão inalterados (CALSING, 2015). Desta forma temos os dados históricos colhidos, analisados e projetados para obtenção do seu comportamento no futuro.

São definidas três abordagens de pesquisa, sendo elas: A abordagem qualitativa, abordagem causal e abordagem de séries temporais, cada uma delas sendo composta por vários métodos de previsão, apresentados na tabela 2. Após a identificação da abordagem mais adequada, baseado na metodologia apresentada no passo anterior, é nesse passo que é identificado o melhor método a ser aplicado dentro da abordagem escolhida (GODINHO, 2010).

Tabela 2 - Métodos de previsão

Abordagem de previsão	Métodos de previsão
Abordagem qualitativa	Consenso do comitê executivo
	Analogia histórica
	Pesquisa de mercado
	Pesquisa de clientes
	Pesquisa da equipe de venda
	Delphi
Abordagem Causal	Análise de regressão (Linear simples, curvilínea ou múltipla)
	Sistemas simultâneos
	Simulação
Abordagem de séries temporais	Média Móvel
	Média móvel ponderada
	Suavização exponencial
	Modelos com tendência
	Modelos com sazonalidade

Fonte: (GODINHO, 2010, p.20).

2.2.4 Elaborar a previsão

Escolhido uma abordagem e o método de previsão e posteriormente estimado os parâmetros, o próximo passo é a realização da previsão propriamente dita, ou seja, é realizado a estimação dos valores para n períodos à frente (GODINHO, 2010).

Elaborar previsões de demanda que contenham o menor erro possível é um desafio constante para as organizações (CHASE, 2013). Existem vários métodos para a elaboração das previsões, desde meras estimativas intuitivas até modelos bastante sofisticados que utilizem avançadas técnicas com excelentes algoritmos computacionais. De uma maneira geral, a literatura tem classificado os modelos de previsão segundo dois grandes grupos: métodos quantitativos e métodos qualitativos (GONÇALVES, 2004).

Após identificado o modelo de previsão mais apropriado, ou seja, aquele que dentro as especificações da organização, melhor se adequa, é necessário realizar o acompanhamento dos resultados gerados e analisar se estão de acordo com o esperado. Avaliar o erro da previsão é necessário para que seja possível realizar a atualização dos parâmetros do modelo de previsão (GODINHO, 2010).

2.2.5 Monitorar, interpretar e atualizar a previsão

Monitorar, interpretar e atualizar a previsão é um importante passo dentro do processo de previsão. A previsão deve ser monitorada uma vez que visa identificar se ela está ou não sob controle, o seja, se existe baixo índice de erros (GODINHO, 2010, p.19).

A medida que as previsões forem igualando a demanda real, é preciso monitorar a taxa do erro entre a demanda real e a prevista, validando se a técnica e os parâmetros empregados ainda estão de acordo com o esperado (TUBINO, 2000).

Se a previsão estiver sob controle deve-se prever para períodos futuros, atualizando-se o modelo com o último valor real disponível. Nesta etapa deve ser levado em consideração decisões relacionados a área gerencial, como promoções, propagandas, aumento nos preços, etc, mudanças que podem interferir nas previsões futuras, tornando necessário a correção do modelo de previsão. (GODINHO, 2010).

Alguns fatores podem ser utilizados para avaliar a efetividade de um sistema ou método de previsão de demanda. Entre eles estão a acurácia da previsão (MONTGOMERY, JOHNSON, & GARDINER, 1990)

A acurácia da previsão é o fator mais importante na avaliação da previsão, por isso é necessário utilizar alguma medida de acuracidade. Entre as mais conhecidas tem-se MSE (Mean Squared Error), e o MAPE (Mean Absolute Percentual Error), (Ledolter, 1983)

O autor TUBINO (2000) salienta que o monitoramento da extensão do erro, à medida que as previsões forem sendo alcançadas pela demanda real, é extremamente importante para verificar se a técnica e os parâmetros utilizados ainda são válidos.

Caso a previsão não esteja sob controle, devem-se verificar erros na estimação de parâmetros ou até mesmo substituir o modelo ou ainda a própria abordagem. (GODINHO, 2010).

2.3 Séries temporais

Série temporal é um conjunto de observações ordenadas no tempo, o pressuposto da previsão utilizando séries temporais é que o futuro pode ser previsto com base no histórico de dados passados, a utilização de séries temporais acredita que os fatores que influenciarão futuro são os mesmos que influenciaram o passado.

De acordo com SIPPER (1997), as séries temporais são preferíveis para previsão de curto prazo. A abordagem de séries temporais requer que inicialmente seja reconhecido o padrão de comportamento da série temporal, para que dessa forma os métodos de previsão dentro dessa abordagem (média móvel simples, padrão com tendência, sazonalidades), possam ser escolhidos.

As previsões baseadas em séries temporais partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis. É o método mais simples e usual de previsão, e quando bem elaborado oferece bons resultados.

A tendência consiste num movimento gradual de longo prazo, direcionando os dados. A sazonalidade refere-se a variações cíclicas de curto prazo, relacionadas ao fator tempo, como a influência de alterações climáticas ou férias escolares. Já as variações irregulares, como o próprio nome indica são alterações nas demandas passadas resultantes de fatores exponenciais, como greves ou catástrofes climáticas, que não podem ser previstos e, portanto, incluídos no modelo. Esses dados, conforme colocado, devem ser retirados da série histórica e substituídos pela média.

Para GODINHO & FERNANDES (2010), os métodos baseados em séries temporais seguem o princípio de que os mesmos fatores que influenciaram o passado influenciarão no futuro. Os modelos usados neste trabalho foram todos baseados nesse tipo de abordagem, dentre os quais estão o método da Média Móvel Ponderada, Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial Dupla e Suavização Exponencial com Sazonalidade e Tendência.

2.3.1 Média móvel

O método da Média Móvel é um modelo bastante utilizado nas organizações, por serem extremamente simples e necessitarem de poucos dados históricos. Ele é apropriado para previsões de curto prazo onde as variáveis de sazonalidade e tendência são inexistentes ou possam ser descartadas (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, & HYNDMAN, 1998).

Esse modelo é uma técnica simples de previsão exponencial são considerados os N últimos dados históricos e, com estes, é realizado uma média ponderada ou aritmética para prever os valores dos próximos dados. A quantidade de observações em cada cálculo permanece inalterado e é estipulado de maneira a tentar eliminar da melhor forma possível os componentes

de sazonalidade e tendência. (Chambers, Mullick, & Smith, 1984); (ARCHER, 1980); (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT, & HYNDMAN, 1998).

As desvantagens desse modelo são à falta de acurácia ao lidar com séries históricas que apresentam tendência ou sazonalidade, desvantagem essa relacionada ao método como é realizado a previsão, que para o próximo período envolve sempre novos períodos ao modelo e a desconsideração dos períodos anteriores. Afim de amenizar esse erro é recomendável a utilização da média ponderada para se aproximar de um padrão mais semelhante à realidade. A desvantagem na utilização da média móvel ponderada é a necessidade de conhecimento para determinar os pesos a serem utilizados (DAVIS, AQUILANO, & CHASE, 2001).

A previsão é calculada de acordo com a Equação 1 – Média móvel:

$$Ft = \frac{Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-n}}{n} \quad (1)$$

Tabela 3 - Legenda Média móvel simples

Ft = Previsão para o período t
Yt = Demanda real observada no período t
n = Quantidade de períodos observado
Et = Erro da previsão

Autoria própria

2.3.2 Média móvel ponderada

No método da Média Móvel Ponderada são levados em consideração p períodos mais recentes. Para cada um desses períodos é atribuído um determinado peso, onde a soma desses pesos deve ser igual a 1 (MOREIRA D. , 2004).

A média móvel ponderada é uma variação da média móvel que constitui-se em ponderar a relevância dos períodos da previsão atribuindo-lhes diferentes pesos, a medida que se queira mais ou menos ênfase ao período, geralmente com pesos maiores a períodos mais recentes. Segundo MOREIRA D. (2004) a somatória dos pesos deve ser igual a 1.

Assim como no caso da média móvel, a escolha de n períodos e dos pesos é uma escolha arbitrária. A vantagem sobre a média móvel é que os valores mais recentes da demanda, que podem indicar alguma tendência, recebem um grau de importância maior. Contudo, valem as mesmas observações quanto ao valor de n: quanto maior for o n, mais suavizará os comportamentos sazonais e mais lentamente responderá a variações.

A média móvel ponderada permite que cada componente seja multiplicado por um fator específico tendo o somatório de todos os fatores igual a um (MARK & RICHARD, 2001). A previsão da média móvel ponderada é determinada por meio da Equação 2 – Média Móvel ponderada:

$$Mmp_n = \sum_{i=1}^n \frac{D_i . W_i}{n} \quad (2)$$

Tabela 4 - Legenda Média móvel ponderada

<i>Mmp_n = média móvel ponderada de n períodos</i>
<i>D_i = demanda ocorrida no período i</i>
<i>n = número de períodos</i>
<i>i = índice do período</i>
<i>W_i = fator atribuído ao período i</i>

Autoria própria

2.3.3 Suavização exponencial simples

No método de Suavização Exponencial Simples, também conhecido como Média Exponencial Móvel, o peso de cada observação decresce no tempo de maneira exponencial (TUBINO, 2007). A previsão é obtida por meio da previsão anterior, acrescida do erro cometido por essa mesma previsão, corrigido por uma constante de ponderação ($0 < \alpha < 1$).

O Método de Suavização Exponencial, é uma técnica quantitativa de previsão de demandas que por ser de curto prazo, contém algumas peculiaridades como (i) ser um método

de implementação simples; (ii) ser considerado, atualmente, de grande acurácia entre os modelos concorrentes de sua classe; (iii) exigir apenas uma pequena quantidade de dados para sua aplicação e (iv) ter a propriedade de ser auto adaptável às mudanças na série de dados.

No Método de Suavização Exponencial são atribuídos pesos que diferem-se a cada observação, considerando de modo mais usual maior peso para as observações mais recentes MCCLAVE, BENSON, & SINCICH (2004). Esse método de pesos pode ser resumido a uma expressão simples que, segundo BALLOU (2001), “Envolve apenas a previsão do período mais recente e da demanda real para o período atual”.

De acordo com DIAS (1993), a previsão da demanda com a aplicação deste método, busca prever o consumo apenas com sua tendência geral, e descarta a reação exagerada a valores aleatórios ao conceder parte da diferença entre o consumo atual e o previsto a uma mudança de tendência, e o restante a causas de motivos aleatórias. No presente método obtém-se a previsão da demanda por meio da Equação 3 – Suavização exponencial simples:

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

Tabela 5 - Legenda Suavização exponencial simples

t = instante de tempo atual;
$F_{(t+1)}$ = previsão para o instante seguinte de t;
F(t) = previsão para o instante atual t;
Y(t) = demanda no instante t;
α = Constante de Suavização Exponencial.

Autoria própria

De acordo com este modelo, o valor suavizado da previsão é uma interpolação entre o valor prévio suavizado e a observação atual, onde a Constante de Suavização Exponencial domina os valores da previsão: os dados da demanda da série recebem um peso que diminui exponencialmente com o passar do tempo (NOVAES, GONÇALVES, & SIMONETTI, 2006).

É importante que a Constante de Suavização Exponencial seja determinada de forma apropriada já que, quanto maior, maior o peso atribuído às últimas observações.

DIAS (1993) percebe que os valores da Constante de Suavização Exponencial são estabelecidos através de cálculos matemáticos e estatísticos, que mais comumente variam de 0,01 a 0,30; Constante de Suavização baixas geram resultados que tendem ao valor médio da série e constantes altas produzem uma maior variabilidade dos resultados. Se a Constante de Suavização Exponencial for igual à zero, o modelo assemelhasse ao Modelo de Média Móvel. Alguns valores da Constante de Suavização Exponencial devem ser testados para cada série, a fim de que se determine a sensibilidade da previsão comparada aos valores reais (MCCLAVE, BENSON, & SINCICH, 2004).

Uma das vantagens da utilização do Método de Suavização Exponencial é capacidade de se adequar aos padrões de mudança da série histórica no instante de tempo determinado, que ocorre em função da possibilidade de mudança da Constante de Suavização Exponencial em qualquer ponto da série examinada, o que permite uma maior flexibilidade para ajustar e adaptar a previsão ao comportamento da demanda (BALLOU, 2001).

2.3.4 Suavização exponencial dupla

O método da Suavização Exponencial Dupla, conhecido como método de Holt, é utilizado sempre que pode ser observado alguma uma tendência nos dados estudados (MARTINS & LAUGENI, 2009). Nesse método, além das constantes α e β , é necessário definir a base da previsão e a tendência do primeiro período, de modo que os valores da base e da tendência de um determinado período considerem a tendência do período anterior.

A suavização dupla foi desenvolvida em 1957 por Holt, como forma de expandir a suavização simples. Essa técnica é aplicada para séries de dados que apresentam tendência linear (SAMOHYL, SOUZA, & R., 2008). De acordo com Moreira (2011) o método de dupla suavização é um método de 2º ordem que é aplicado sobre as previsões de 1º ordem. Ele fornece previsões mais suavizadas do que a método anterior, pois as mudanças serão menos bruscas. SAMOHYL, SOUZA, & R. (2008) recomendam as expressões na Equação 4 – Suavização exponencial dupla, pra encontrar as previsões futuras.

$$St = \alpha Yt + (1 - \alpha) (S_{(t-1)} + B_{(t-1)}) \quad (4)$$

$$B_t = \beta(S_t - S_{(t-1)}) + (1 - \beta) B_{(t-1)} \quad (5)$$

$$F_{(t+m)} = S_t + mbt \quad (6)$$

$$B_1 = \frac{1}{2} ((Y_2 - Y_1) + (Y_4 - Y_3)) \quad (12)$$

$$(0 < \alpha < 1), (0 < \beta < 1)$$

Valores iniciais: $S_1 = Y_1$;

Tabela 6 - Legenda Suavização exponencial dupla

Y_t = demanda real observada no período t
F_t = previsão para o período t
e_t = erro absoluto da previsão
B_t = tendência
S_t = nível onde a observação está no período t
α = parâmetro de suavização para o nível
β = parâmetro de suavização para o crescimento
Y_1 = demanda histórica do primeiro período
Y_2 = demanda histórica do segundo período
Y_3 = demanda histórica do terceiro período
Y_4 = demanda histórica do quarto período

Fonte: Autoria própria

Morettin (2004) Aborda sobre as vantagens e desvantagens da utilização, como sendo semelhantes aos dos métodos anteriormente estudados, acrescentando desvantagem da complexidade de determinação da constante β . O método de Holt é indicado para os casos onde a série não apresenta sazonalidade, apenas indica a existência de tendência (SAMOHYL, SOUZA, & R., 2008).

2.3.5 Suavização exponencial com sazonalidade e tendência

O método da Suavização exponencial com Sazonalidade e Tendência, também conhecido como método de Winters, é utilizado nas situações nas quais os dados, além de apresentarem comportamentos sazonais, também apresentam uma tendência linear ao longo do tempo (FERNANDES; GODINHO FILHO; 2010). Para aplicação desse método, faz-se necessário a escolha das constantes de ponderação α , β e γ , onde podem variar entre zero e um, que serão utilizadas respectivamente para as equações alisadoras de previsão, tendência e sazonalidade.

O método de Winter é um método de amortecimento exponencial que considera componentes de sazonalidade da série de dados observados. O fator multiplicativo sazonal de Winter, é fundamental nessa questão, e para se desenvolver esse método são necessárias três equações com três parâmetros de suavização que são relacionados a cada um dos componentes da série, nível, tendência e sazonalidade, conforme as equações 7, para o nível, equação 8 para definição de tendência e equação 9 para o cálculo da estimativa de sazonalidade no período observado.

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-1}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (7)$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (8)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-1} \quad (9)$$

$$Y_{t+p}' = (A_t + pT_t)S_{t-1+p} \quad (10)$$

Tabela 7 - Legenda Suavização exponencial com sazonalidade e tendência

A_t = Valor suavizado no período t
T_t = Estimativa da tendência no período t
S_t = Estimativa da sazonalidade do período t
Y_t = Demanda histórica

E_t = Erro médio absoluto
α = Constante de suavização médio
β = Constante de suavização de tendência
γ = Constante de suavização de sazonalidade

Autoria própria

2.4 Controle de previsão

Sabe-se que a acurácia dos valores previstos está diretamente ligada com os lucros e os custos da empresa, já que quando a falta de produtos no mercado deixa-se de ganhar e quando se tem muito estoque, o custo da existência do mesmo aumenta. Portanto, é de fundamental importância que as empresas controlem suas previsões, analisando e corrigindo continuamente os erros.

Existem vários métodos de controle de previsão, tais como: somatória acumulada dos erros de previsão, desvio absoluto médio, porcentagem média absoluta e sinal de rastreamento. Neste estudo será utilizado apenas o método da Porcentagem Média Absoluta (PMA).

2.4.1 Porcentagem média absoluta (PMA)

O método PMA também conhecido como MAPE é utilizado para relacionar o erro absoluto com os valores da demanda, quanto menor esse valor for, mais próximo do real este resultado da demanda é, ou seja, os dados coletados e a análise foram com qualidade.

O erro percentual absoluto médio MAPE (Mean Absolute Percentage Error) representa a média percentual da divisão entre erro de previsão e o valor real.

O erro percentual médio absoluto é a média de todos os erros absolutos percentuais, indicando o tamanho médio do erro, apresentado como uma porcentagem do valor observado, independentemente do erro ser negativo ou positivo (LOPES, 2002). Para LEWIS (1997), o MAPE é apontado como uma das medidas de erro mais usual para se analisar os métodos de previsão. Onde menores valores para o MAPE determinam maior precisão nos dados previstos. O erro percentual absoluto médio pode ser calculado de acordo com a utilização da equação 11.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{(X_i - \hat{X}_i)}{X_i} \right| (100)}{n} \quad (11)$$

Tabela 8 - MAPE

X_i = Demanda real para o período
$\hat{X}_i$ = Previsão para o período i
n = Número de períodos de previsão i

Autoria própria

3 METODOLOGIA

A presente seção consiste em apresentar as ferramentas utilizadas no estudo, de maneira a dividir em etapas a metodologia empregada para cálculo da previsão de demanda.

3.1 Identificação do objetivo da previsão

Foram realizadas visitas na indústria, especializada em torra, moagem e distribuição de café com o objetivo de conhecer o ambiente industrial, os processos produtivos, administrativos e comerciais. Foi identificado que a empresa se divide em dois segmentos distintos dentro do âmbito de atuação, o primeiro com a venda da marca de café da própria indústria, com produtos que diferem em sua forma de envasamento, são eles envase do grão cru, almofada e a vácuo, produtos esses responsáveis por 60% do volume total vendido pela indústria, e o segundo segmento chamado marca própria, representando marca de terceiros, onde o produto é vendido para clientes de varejo e redes atacadistas que desejam vender sua própria marca de café, modelo esse de venda realizada sob pedido.

Devido às diferenças no processo de produção, venda e distribuição dos dois tipos de segmentos, foi escolhido realizar o estudo considerando apenas o primeiro segmento, referente

aos produtos da própria empresa, responsáveis por maior parcela no volume de venda e que possuem maior valor agregado.

Em seguida foi solicitado ao gerente de vendas o registro anual do volume vendido e as previsões que foram realizadas para os mesmos períodos. Os dados de vendas e previsão disponibilizados datam de janeiro de 2017 a junho de 2018. Os mesmos foram transferidos e organizados em duas planilhas eletrônicas, a primeira com os dados de demanda histórica reais e a segunda com os dados da previsão realizada pela empresa, ambas tabelas foram enumeradas em 18 períodos, tendo como o primeiro período o valor coletado do mês mais distante a data da coleta, janeiro de 2017, e assim consecutivamente, Tabelas 9 e 10:

Tabela 9 - Demanda histórica

Períodos	Demanda Histórica
1	97.069,00
2	93.090,50
3	132.823,75
4	109.759,25
5	129.213,00
6	118.547,50
7	126.422,50
8	119.067,50
9	110.424,50
10	105.511,00
11	110.614,75
12	93.738,50
13	112.879,50
14	88.542,75
15	99.333,50
16	96.412,50
17	112.026,00
18	103.590,50

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 - Previsão realizada pela empresa

Períodos	Ft
1	93.436,37
2	97.845,23
3	114.073,40
4	98.415,02
5	120.010,09
6	113.880,62
7	119.041,71
8	113.247,97
9	108.108,66
10	121.368,55
11	99.839,31
12	105.220,85
13	119.211,01
14	66.677,50
15	92.850,16
16	76.419,98
17	95.581,69
18	86.195,21

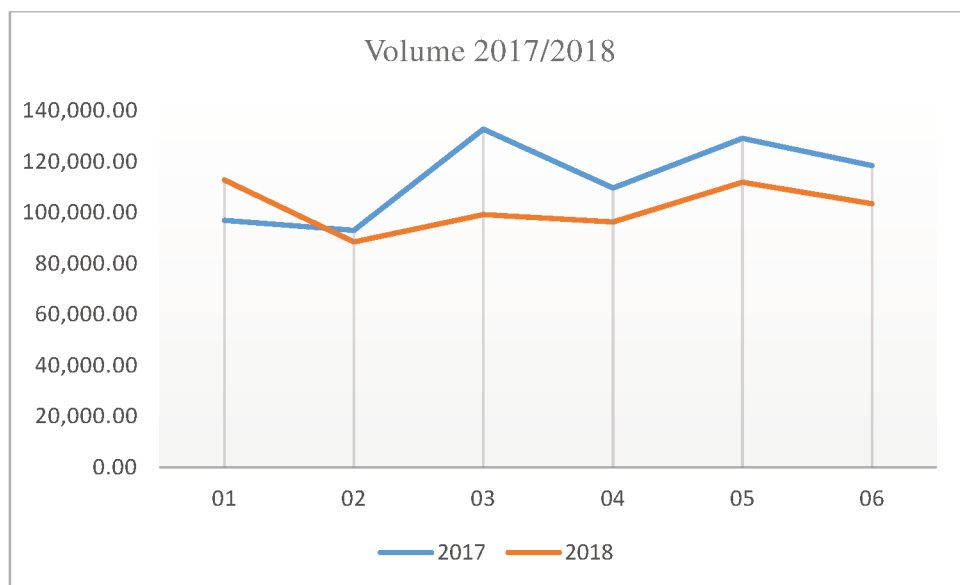
Fonte: Autoria própria

Afim de identificar se o método de previsão adotado atualmente é eficaz, o presente trabalho se propõe a aplicar métodos de previsão de demanda retirados da literatura no âmbito acadêmico e possivelmente sugerir uma nova metodologia de realização da previsão anual da empresa.

3.2 Seleção de uma abordagem de previsão

Como os dados foram disponibilizados, o estudo teve um caráter quantitativo com a utilização de dados históricos de demanda do período de janeiro de 2017 à junho de 2018. Afim de se encontrar alguma semelhança no comportamento de vendas, foi identificado semelhança nos períodos de Janeiro à Junho de ambos os anos, conforme demonstra a Figura 1:

Figura 1 – Volume 1º semestre referentes a 2017/2018



Fonte: Autoria própria

Foi possível identificar a presença de comportamento tendencial nos mesmos períodos, janeiro a junho, de ambos os anos, portanto a abordagem de previsão selecionada foi baseada em séries temporais, de maneira que o conjunto de dados foram ordenados cronologicamente, pressupondo que o futuro da demanda será prevista com base em dados históricos do passado, acreditando assim que fatores que influenciarão o futuro são os mesmo que influenciaram o passado.

3.3 Seleção dos métodos de previsão

Definido anteriormente que o estudo teve um caráter quantitativo e que a abordagem de previsão seria baseada em séries temporais, segundo (GODINHO & FERNANDES, 2010), cinco métodos de previsão foram avaliados:

- Média móvel
- Média móvel ponderada
- Suavização exponencial simples
- Suavização exponencial dupla
- Suavização exponencial com tendência e sazonalidade

3.4 Elaboração da previsão

Esta seção consiste em apresentar a aplicação dos métodos de previsão definidos anteriormente.

3.4.1 Método da média móvel simples

Baseado na Equação 1, da média móvel simples, onde a soma de n períodos anteriores divididos por n nos fornece a previsão para o mês $n+1$ foi primeiramente realizada a aplicação do método para previsão do mês de março de 2017 utilizando a soma de dois períodos anteriores, janeiro e fevereiro de 2017, divididos por dois.

Por fim, fez-se a utilização do MAPE para o cálculo do erro, Equação 11, onde os somatórios dos erros absolutos encontrados foram divididos pelo número de períodos totais.

Seguindo a base de cálculo do método, e afim de através da escolha arbitrária de valores para n , encontrar o menor valor para o MAPE dentro das possíveis variações de períodos, foi realizada a mesma aplicação para $n = (3, 4, 6, 9)$, os resultados encontrados para n estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 11

n	MAPE
2	6,89%
3	7,93%
4	6,47%
6	9,35%
9	10,96%

Fonte: Autoria própria

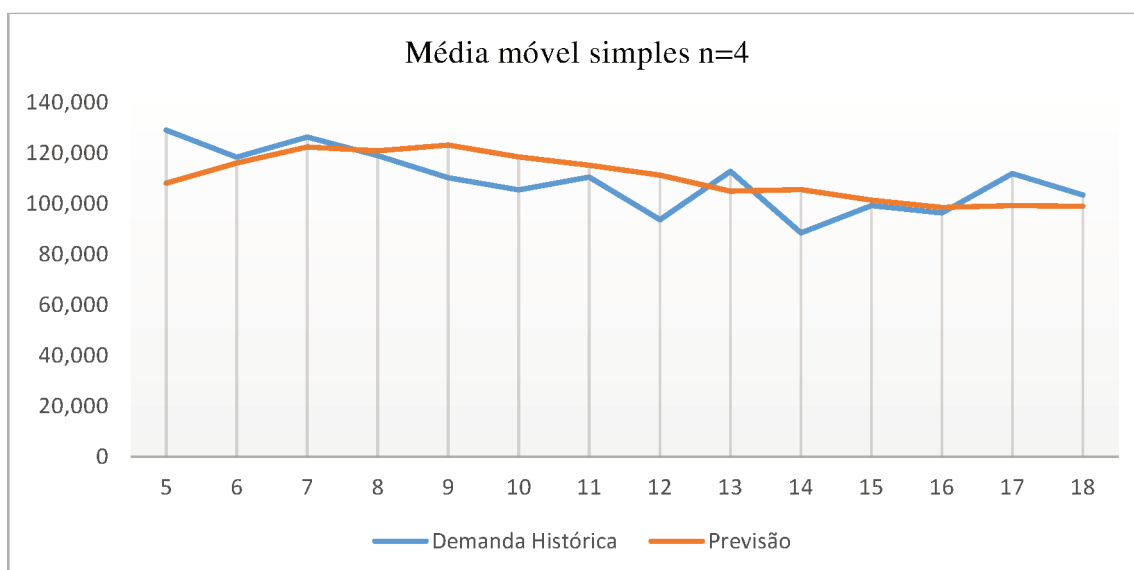
Percebe-se na tabela 13, que o melhor número de períodos para realização do cálculo da média móvel simples encontrado foi $n=4$, com valor de previsão para o mês dezanove de 102.841 Kg de café.

Tabela 12 – Aplicação da média móvel simples n=4

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	4 períodos	
t		Yt	Ft	et
1	jan/17	97.069		
2	fev/17	93.091		
3	mar/17	132.824		
4	abr/17	109.759		
5	mai/17	129.213	108.186	16%
6	jun/17	118.548	116.222	2%
7	jul/17	126.423	122.586	3%
8	ago/17	119.068	120.986	2%
9	set/17	110.425	123.313	12%
10	out/17	105.511	118.616	12%
11	nov/17	110.615	115.356	4%
12	dez/17	93.739	111.404	19%
13	jan/18	112.880	105.072	7%
14	fev/18	88.543	105.686	19%
15	mar/18	99.334	101.444	2%
16	abr/18	96.413	98.624	2%
17	mai/18	112.026	99.292	11%
18	jun/18	103.591	99.079	4%
19	PREVISÃO		102.841	
			MAPE	6,47%

Fonte: Autoria própria

Figura 2 - Gráfico Média móvel simples x Demanda histórica



Fonte: Autoria própria

3.4.2 Método da média móvel ponderada

O método da média móvel ponderada consiste na escolha de n períodos passados multiplicado por pesos escolhidos arbitrariamente, onde sua somatória deve ser igual a 1. Pressupondo que períodos mais recentes tem um peso maior, pois valores mais recentes podem conter informações mais relevantes para a previsão de demanda. Neste estudo foram utilizados períodos com valor $t=3$, multiplicados por pesos com valores dois, quatro e oito e um, dois e três. Também foi utilizado quatro períodos observados, $t=4$, com ponderação um, dois, três e quatro e cinco períodos observados, $n=5$, com ponderação de um, dois, três, quatro e cinco.

Com base na Equação 2, da média móvel ponderada, realizou-se de início a previsão do mês de abril de 2017 utilizando a somatória dos três meses anteriores multiplicados pelos seus respectivos pesos. Da mesma forma foi realizada a base de cálculo para os meses subsequentes até que encontrasse a demanda do mês dezenove.

Posteriormente foi calculado o MAPE, através da Equação 11, com o objetivo de identificar qual a quantidade de períodos observados tem o menor erro.

Aplicação para três períodos observados com ponderação dois, quatro e oito.

Tabela 13 – Média móvel ponderada 1º ponderação

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	Ponderação			Previsão	
t		Yt	2	4	8	Ft	$\sum \frac{et}{t} * 100$
1	jan/17	97.069					
2	fev/17	93.091					
3	mar/17	132.824					
4	abr/17	109.759	194.138	372.362	1.062.590	116.364	6%
5	mai/17	129.213	186.181	531.295	878.074	113.968	12%
6	jun/17	118.548	265.648	439.037	1.033.704	124.171	5%
7	jul/17	126.423	219.519	516.852	948.380	120.339	5%
8	ago/17	119.068	258.426	474.190	1.011.380	124.571	5%
9	set/17	110.425	237.095	505.690	952.540	121.095	10%
10	out/17	105.511	252.845	476.270	883.396	115.179	9%
11	nov/17	110.615	238.135	441.698	844.088	108.852	2%
12	dez/17	93.739	220.849	422.044	884.918	109.129	16%
13	jan/18	112.880	211.022	442.459	749.908	100.242	11%
14	fev/18	88.543	221.230	374.954	903.036	107.087	21%
15	mar/18	99.334	187.477	451.518	708.342	96.238	3%
16	abr/18	96.413	225.759	354.171	794.668	98.186	2%
17	mai/18	112.026	177.086	397.334	771.300	96.123	14%
18	jun/18	103.591	198.667	385.650	896.208	105.752	2%
19	jul/18	PREVISÃO	192.825	448.104	828.724	104.975	

Fonte: Autoria própria

Aplicação para três períodos observados com ponderação um, dois e três.

Tabela 14 - Média móvel ponderada 2ª ponderação

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	Ponderação			Previsão	
t		Yt	1	2	3	Ft	$\sum \frac{et}{t} * 100$
1	jan/17	97.069					
2	fev/17	93.091					
3	mar/17	132.824					
4	abr/17	109.759	97.069	186.181	398.471	121.433	11%
5	mai/17	129.213	93.091	265.648	329.278	114.669	11%
6	jun/17	118.548	132.824	219.519	387.639	123.330	4%
7	jul/17	126.423	109.759	258.426	355.643	120.638	5%
8	ago/17	119.068	129.213	237.095	379.268	124.263	4%
9	set/17	110.425	118.548	252.845	357.203	121.433	10%
10	out/17	105.511	126.423	238.135	331.274	115.972	10%
11	nov/17	110.615	119.068	220.849	316.533	109.408	1%
12	dez/17	93.739	110.425	211.022	331.844	108.882	16%
13	jan/18	112.880	105.511	221.230	281.216	101.326	10%
14	fev/18	88.543	110.615	187.477	338.639	106.122	20%
15	mar/18	99.334	93.739	225.759	265.628	97.521	2%
16	abr/18	96.413	112.880	177.086	298.001	97.994	2%
17	mai/18	112.026	88.543	198.667	289.238	96.075	14%
18	jun/18	103.591	99.334	192.825	336.078	104.706	1%
19	jul/18	PREVISÃO	96.413	224.052	310.772	105.206	

Fonte: Autoria própria

Aplicação para quatro períodos observados com ponderação um, dois, três e quatro.

Tabela 15 - Média móvel ponderada 3ª ponderação

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	Ponderação				Previsão	
t		Yt	1	2	3	4	Ft	$\sum \frac{et}{t} * 100$
1	jan/17	97.069						
2	fev/17	93.091						
3	mar/17	132.824						
4	abr/17	109.759						
5	mai/17	129.213	97.069	186.181	398.471	439.037	112.076	13%
6	jun/17	118.548	93.091	265.648	329.278	516.852	120.487	2%
7	jul/17	126.423	132.824	219.519	387.639	474.190	121.417	4%
8	ago/17	119.068	109.759	258.426	355.643	505.690	122.952	3%
9	set/17	110.425	129.213	237.095	379.268	476.270	122.185	11%
10	out/17	105.511	118.548	252.845	357.203	441.698	117.029	11%
11	nov/17	110.615	126.423	238.135	331.274	422.044	111.788	1%
12	dez/17	93.739	119.068	220.849	316.533	442.459	109.891	17%
13	jan/18	112.880	110.425	211.022	331.844	374.954	102.824	9%
14	fev/18	88.543	105.511	221.230	281.216	451.518	105.947	20%
15	mar/18	99.334	110.615	187.477	338.639	354.171	99.090	0%
16	abr/18	96.413	93.739	225.759	265.628	397.334	98.246	2%
17	mai/18	112.026	112.880	177.086	298.001	385.650	97.362	13%
18	jun/18	103.591	88.543	198.667	289.238	448.104	102.455	1%
19	jul/18	PREVISÃO	99.334	192.825	336.078	414.362	74.471	

Fonte: Autoria própria

Aplicação para cinco períodos observados com ponderação um, dois, três, quatro e cinco.

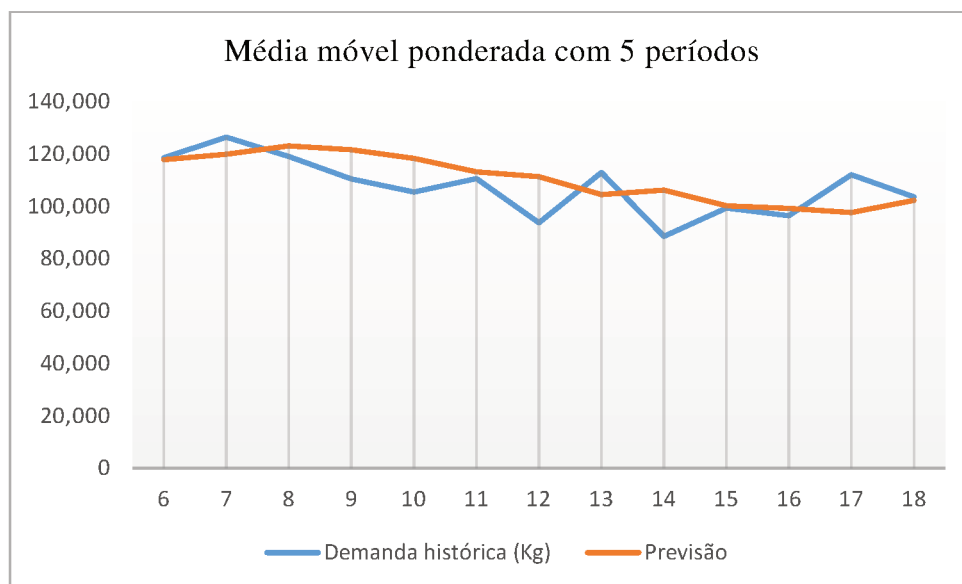
Tabela 16 - Média móvel ponderada 4ª ponderação

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	Ponderação					Previsão	
t		Yt	1	2	3	4	5	Ft	$\sum \frac{et}{t} \times 100$
1	jan/17	97.069							
2	fev/17	93.091							
3	mar/17	132.824							
4	abr/17	109.759							
5	mai/17	129.213							
6	jun/17	118.548	97.069	186.181	398.471	439.037	646.065	117.788	1%
7	jul/17	126.423	93.091	265.648	329.278	516.852	592.738	119.840	5%
8	ago/17	119.068	132.824	219.519	387.639	474.190	632.113	123.086	3%
9	set/17	110.425	109.759	258.426	355.643	505.690	595.338	121.657	10%
10	out/17	105.511	129.213	237.095	379.268	476.270	552.123	118.265	12%
11	nov/17	110.615	118.548	252.845	357.203	441.698	527.555	113.190	2%
12	dez/17	93.739	126.423	238.135	331.274	422.044	553.074	111.397	19%
13	jan/18	112.880	119.068	220.849	316.533	442.459	468.693	104.507	7%
14	fev/18	88.543	110.425	211.022	331.844	374.954	564.398	106.176	20%
15	mar/18	99.334	105.511	221.230	281.216	451.518	442.714	100.146	1%
16	abr/18	96.413	110.615	187.477	338.639	354.171	496.668	99.171	3%
17	mai/18	112.026	93.739	225.759	265.628	397.334	482.063	97.635	13%
18	jun/18	103.591	112.880	177.086	298.001	385.650	560.130	102.250	1%
19	jul/18	PREVISÃO	88.543	198.667	289.238	448.104	517.953	102.834	

Fonte: Autoria própria

Identificou-se que a quantidade de períodos observados com suas respectivas ponderações que tem o menor erro percentual absoluto médio foi de cinco períodos (n=5) com ponderações um, dois, três, quatro e cinco sendo assim utilizado na elaboração do método da média móvel ponderada.

Figura 3 - Média móvel ponderada n=5



Fonte: Autoria própria

Portanto baseado no método da média móvel ponderada com $n = 5$, a previsão encontrou

o menor valor de MAPE, que portanto melhor representa a demanda do mês dezenove no valor de 102.834 Kg de café.

Tabela 17 – Média móvel ponderada $n = 5$

Período	Demanda histórica (Kg)	Previsão
6	118.548	117.788
7	126.423	119.840
8	119.068	123.086
9	110.425	121.657
10	105.511	118.265
11	110.615	113.190
12	93.739	111.397
13	112.880	104.507
14	88.543	106.176
15	99.334	100.146
16	96.413	99.171
17	112.026	97.635
18	103.591	102.250

Fonte: Autoria própria

PREVISÃO	102.834 Kg
MAPE	5,43%

Fonte: Autoria própria

3.4.3 Método da suavização exponencial simples

No presente método, conforme a Equação 4, atribuem-se pesos diferentes a cada observação, considerando um maior peso para as observações mais recentes. O peso de cada observação é escolhido arbitrariamente e de acordo com TUBINO (2007) essa ponderação varia de $(0 < \alpha < 1)$ e já para (DIAS, 1993) a constante varia de $(0,01 < \alpha < 0,3)$. Neste presente trabalho foram feitos testes de acordo com os critérios dos dois autores.

Baseado no método de previsão exponencial simples, primeiramente foi calculado a previsão utilizando as ponderações $\alpha = 0,2$, $\alpha = 0,4$ e $\alpha = 0,8$.

Após o cálculo da previsão, foi calculado o erro absoluto de previsão para todos os meses através da diferença da demanda histórica e a previsão encontrada. Em seguida, encontrou-se o erro percentual médio absoluto, conforme Equação 11, com objetivo de identificar qual ponderação tem o menor erro.

Esse procedimento foi realizado posteriormente utilizando as constantes de suavização exponencial $\alpha = 0,03$, $\alpha = 0,06$ e $\alpha = 0,09$, também escolhidas arbitrariamente.

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\alpha = 0,4$ e $\alpha = 0,8$, foi apresentado na tabela 22.

Tabela 18- Método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\alpha = 0,4$ e $\alpha = 0,8$

Período	Mês	Demanda histórica	$\alpha = 0,2$		$\alpha = 0,4$		$\alpha = 0,8$	
t		Y_t	F_t	et	F_t	et	F_t	$\sum \frac{et}{t} * 10$
1	jan/17	97.069	97.069		97.069		97.069	
2	fev/17	93.091	97.069	4%	97.069	4%	97.069	4%
3	mar/17	132.824	96.273	28%	95.478	28%	93.886	29%
4	abr/17	109.759	103.583	6%	110.416	1%	125.036	14%
5	mai/17	129.213	104.819	19%	110.153	15%	112.815	13%
6	jun/17	118.548	109.697	7%	117.777	1%	125.933	6%
7	jul/17	126.423	111.467	12%	118.085	7%	120.025	5%
8	ago/17	119.068	114.458	4%	121.420	2%	125.143	5%
9	set/17	110.425	115.380	4%	120.479	9%	120.283	9%
10	out/17	105.511	114.389	8%	116.457	10%	112.396	7%
11	nov/17	110.615	112.613	2%	112.079	1%	106.888	3%
12	dez/17	93.739	112.214	20%	111.493	19%	109.869	17%
13	jan/18	112.880	108.519	4%	104.391	8%	96.965	14%
14	fev/18	88.543	109.391	24%	107.787	22%	109.697	24%
15	mar/18	99.334	105.221	6%	100.089	1%	92.774	7%
16	abr/18	96.413	104.044	8%	99.787	3%	98.022	2%
17	mai/18	112.026	102.517	8%	98.437	12%	96.734	14%
18	jun/18	103.591	104.419	1%	103.873	0%	108.968	5%
19	jul/18	PREVISÃO	104.253		103.760		104.666	
MAPE				9,13%		7,92%		9,87%

Fonte: Autoria própria

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,03$, $\alpha = 0,09$ e $\alpha = 0,06$.

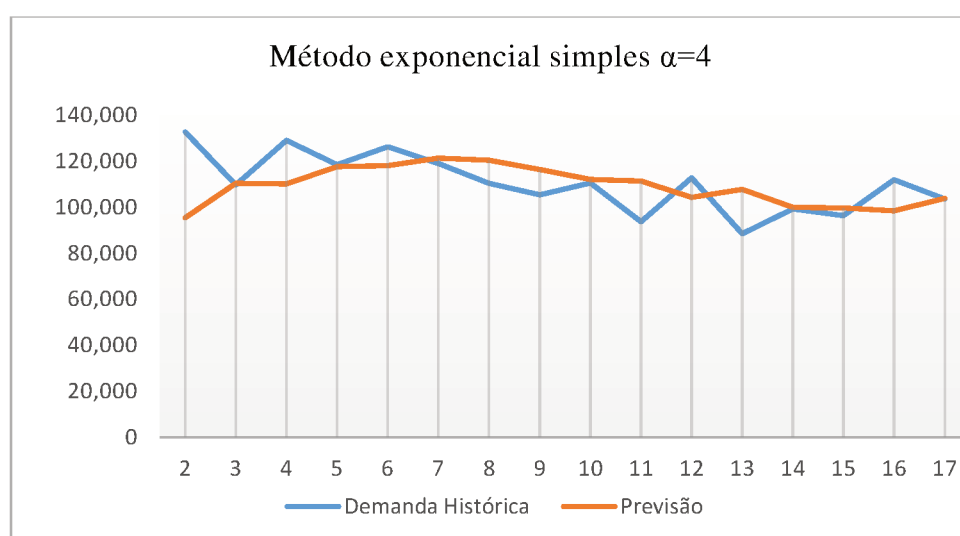
Tabela 19 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,03$, $\alpha = 0,09$ e $\alpha = 0,06$

Período	Mês	Demanda histórica	$\alpha = 0,03$		$\alpha = 0,06$		$\alpha = 0,09$	
t		Yt	Ft	et	Ft	et	Ft	et
1	jan/17	97.069	97.069		97.069		97.069	
2	fev/17	93.091	97.069	4%	97.069	4%	97.069	4%
3	mar/17	132.824	96.950	27%	96.830	27%	96.711	27%
4	abr/17	109.759	98.026	11%	98.990	10%	99.961	9%
5	mai/17	129.213	98.378	24%	99.636	23%	100.843	22%
6	jun/17	118.548	99.303	16%	101.411	14%	103.396	13%
7	jul/17	126.423	99.880	21%	102.439	19%	104.760	17%
8	ago/17	119.068	100.677	15%	103.878	13%	106.709	10%
9	set/17	110.425	101.228	8%	104.789	5%	107.822	2%
10	out/17	105.511	101.504	4%	105.127	0%	108.056	2%
11	nov/17	110.615	101.624	8%	105.150	5%	107.827	3%
12	dez/17	93.739	101.894	9%	105.478	13%	108.078	15%
13	jan/18	112.880	101.649	10%	104.774	7%	106.787	5%
14	fev/18	88.543	101.986	15%	105.260	19%	107.336	21%
15	mar/18	99.334	101.583	2%	104.257	5%	105.644	6%
16	abr/18	96.413	101.516	5%	103.962	8%	105.076	9%
17	mai/18	112.026	101.362	10%	103.509	8%	104.297	7%
18	jun/18	103.591	101.682	2%	104.020	0%	104.992	1%
19	jul/18	PREVISÃO	101.740		103.994		104.866	
ERRO ABSOLUTO			Σ	10,64%	Σ	10,00%	$\Sigma \frac{et}{t} * 100$	9,75%

Fonte: Autoria própria

Foi possível identificar que a constante de suavização simples que tem o menor erro percentual absoluto médio é ($\alpha = 0,4$), portanto será o valor de alfa utilizada para elaboração do método da suavização exponencial simples.

Figura 4 - Gráfico exponencial simples $\alpha=4$



Fonte: Autoria própria

Então, com base no método da suavização exponencial simples com $\alpha = 0,4$, a previsão que melhor representa a demanda do mês dezenove é 103.759 Kg de café.

3.4.4 Método da suavização exponencial dupla

O método da Suavização Exponencial Dupla, é utilizado sempre que os dados apresentam uma tendência. Nesse método, além das constantes α e β , precisam ser definidas a base da previsão e a tendência do primeiro período, fazendo com que os valores da base e da tendência de um determinado período levem em conta a tendência do período anterior.

Com o objetivo de também analisar a previsão do mês dezenove que mais se aproxima da demanda real, a previsão é calculada da seguinte forma, considerando α e β arbitrariamente.

Primeiramente foi considerado o valor inicial do nível como a própria demanda histórica do primeiro mês, e o valor inicial da tendência foi calculado conforme a equação 12.

A partir do segundo período o nível foi calculado conforme a equação 4, posteriormente foi calculado os níveis dos períodos subsequentes utilizando a mesma metodologia e realizado o cálculo de tendência para o segundo período de acordo com a Equação 5.

Em seguida as tendências dos períodos subsequentes foram calculadas usando o mesmo raciocínio. Após ter feito o cálculo dos níveis e das tendências, foi possível calcular a previsão para o segundo período utilizando a Equação 6.

Após essa etapa foi possível calcular as previsões para os períodos subsequentes utilizando a mesma fórmula. Depois do cálculo da previsão, foi calculado o erro absoluto de previsão para todos os meses através da diferença da demanda histórica e a previsão encontrada. Em seguida, encontrou-se o erro percentual absoluto médio da previsão com objetivo de identificar qual a ponderação que tem um menor erro percentual absoluto médio. A mesma aplicação foi utilizada para $\alpha = 0,2$ e $\beta = 0,8$ e $\alpha = 0,1$ e $\beta = 0,5$ afim de se encontrar uma melhor solução para o problema, ou seja, menor erro absoluto.

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,6$, de acordo com a Tabela 28.

Tabela 20 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,9$, $\beta = 0,6$

Período	Mês	Demanda histórica	$\alpha = 0,9$		$\beta = 0,6$		m=	1
t		Yt	St	Bt	Ft (m=1)	et		
1	jan/17	97.069,00	97.069,00	-13.521,50				
2	fev/17	93.091,00	92.136,65	-8.368,01	83.547,50	10%		
3	mar/17	132.824,00	127.918,46	18.121,88	83.768,64	37%		
4	abr/17	109.759,00	113.387,13	-1.470,04	146.040,35	33%		
5	mar/17	129.213,00	127.483,41	7.869,75	111.917,09	13%		
6	jun/17	118.548,00	120.228,52	-1.205,04	135.353,16	14%		
7	jul/17	126.423,00	125.683,05	2.790,70	119.023,48	6%		
8	ago/17	119.068,00	120.008,58	-2.288,40	128.473,75	8%		
9	set/17	110.425,00	111.154,52	-6.227,80	117.720,17	7%		
10	out/17	105.511,00	105.452,57	-5.912,29	104.926,72	1%		
11	nov/17	110.615,00	109.507,53	68,06	99.540,29	10%		
12	dez/17	93.739,00	95.322,66	-8.483,70	109.575,59	17%		
13	jan/18	112.880,00	110.275,90	5.578,46	86.838,96	23%		
14	fev/18	88.543,00	91.274,14	-9.169,67	115.854,36	31%		
15	mar/18	99.334,00	97.611,05	134,28	82.104,47	17%		
16	abr/18	96.413,00	96.546,23	-585,18	97.745,32	1%		
17	mai/18	112.026,00	110.419,51	8.089,89	95.961,06	14%		
18	jun/18	103.591,00	105.082,84	33,96	118.509,40	14%		
19	jul/18	PREVISÃO			105.116,80			
ERRO ABSOLUTO					MAPE	14,28%		

Fonte: Autoria própria

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,8$.Tabela 21 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,8$

Período	Mês	Demanda histórica	$\alpha = 0,2$		$\beta = 0,8$		m=	1
t		Yt	St	Bt	Ft (m=1)	et		
1	jan/17	97.069,00	97.069,00	-13.521,50				
2	fev/17	93.091,00	85.456,20	-11.994,54	83.547,50	10%		
3	mar/17	132.824,00	85.334,13	-2.496,57	73.461,66	45%		
4	abr/17	109.759,00	88.221,85	1.810,86	82.837,56	25%		
5	mar/17	129.213,00	97.868,77	8.079,71	90.032,71	30%		
6	jun/17	118.548,00	108.468,39	10.095,63	105.948,48	11%		
7	jul/17	126.423,00	120.135,81	11.353,07	118.564,02	6%		
8	ago/17	119.068,00	129.004,71	9.365,73	131.488,88	10%		
9	set/17	110.425,00	132.781,35	4.894,46	138.370,44	25%		
10	out/17	105.511,00	131.242,85	-251,91	137.675,81	30%		
11	nov/17	110.615,00	126.915,75	-3.512,06	130.990,94	18%		
12	dez/17	93.739,00	117.470,75	-8.258,41	123.403,69	32%		
13	jan/18	112.880,00	109.945,87	-7.671,58	109.212,34	3%		
14	fev/18	88.543,00	99.528,03	-9.868,59	102.274,29	16%		
15	mar/18	99.334,00	91.594,35	-8.320,66	89.659,44	10%		
16	abr/18	96.413,00	85.901,55	-6.218,37	83.273,69	14%		
17	mai/18	112.026,00	86.151,74	-1.043,52	79.683,18	29%		
18	jun/18	103.591,00	88.804,78	1.913,72	85.108,22	18%		
19	jul/18	PREVISÃO			90.718,50			
ERRO ABSOLUTO					MAPE	18,43%		

Fonte: Autoria própria

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,5$.

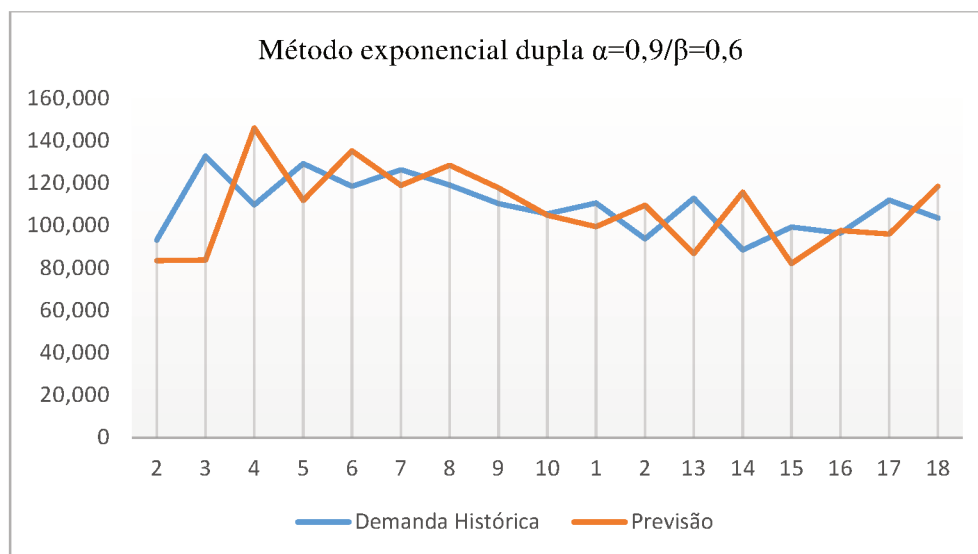
Tabela 22 - Método de previsão utilizando $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,5$.

Período	Mês	Demanda histórica	$\alpha = 0,1$		$\beta = 0,5$		m=	1
t		Yt	St	Bt	Ft (m=1)	et		
1	jan/17	97.069,00	97.069,00	-13.521,50				
2	fev/17	93.091,00	84.501,85	-13.044,33	83.547,50	10%		
3	mar/17	132.824,00	77.594,17	-9.976,00	71.457,53	46%		
4	abr/17	109.759,00	71.832,25	-7.868,96	67.618,17	38%		
5	mar/17	129.213,00	70.488,26	-4.606,47	63.963,29	50%		
6	jun/17	118.548,00	71.148,41	-1.973,16	65.881,79	44%		
7	jul/17	126.423,00	74.900,02	889,22	69.175,25	45%		
8	ago/17	119.068,00	80.117,12	3.053,16	75.789,25	36%		
9	set/17	110.425,00	85.895,75	4.415,90	83.170,28	25%		
10	out/17	105.511,00	91.831,59	5.175,86	90.311,65	14%		
11	nov/17	110.615,00	98.368,21	5.856,24	97.007,45	12%		
12	dez/17	93.739,00	103.175,90	5.331,97	104.224,45	11%		
13	jan/18	112.880,00	108.945,09	5.550,58	108.507,87	4%		
14	fev/18	88.543,00	111.900,40	4.252,94	114.495,66	29%		
15	mar/18	99.334,00	114.471,40	3.411,98	116.153,34	17%		
16	abr/18	96.413,00	115.736,34	2.338,46	117.883,38	22%		
17	mai/18	112.026,00	117.469,92	2.036,02	118.074,80	5%		
18	jun/18	103.591,00	117.914,44	1.240,27	119.505,94	15%		
19	jul/18	PREVISÃO			119.154,71			
ERRO ABSOLUTO					MAPE	23,73%		

Fonte: Autoria própria

Foi possível identificar que as constantes de suavização que tem o menor erro percentual absoluto médio é $\alpha = 0,9$ e $\beta = 0,6$, portanto, serão utilizadas para elaboração do método da suavização exponencial dupla.

Figura 5 – Método exponencial dupla $\alpha=0,9/\beta=0,6$



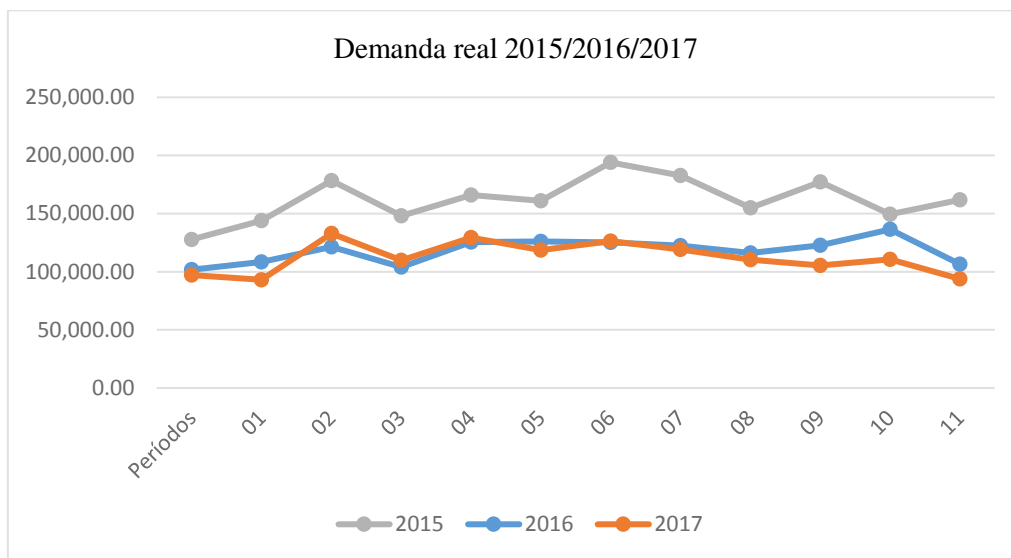
Autoria própria

Com base no método da suavização exponencial dupla, a previsão com menor MAPE, Equação 11, encontrado e que portanto, melhor representa a demanda do mês dezoito para o método é 105.116 Kg de café.

3.4.5 Método da suavização exponencial com sazonalidade e tendência

O método da Suavização exponencial com Sazonalidade e Tendência, também conhecido como método de Winters, é utilizado nas situações nas quais os dados, além de apresentarem comportamentos sazonais, também apresentam uma tendência linear ao longo do tempo (GODINHO & FERNANDES, 2010). Com o intuito de identificar possível sazonalidade e tendência para realização do método foi coletado dados referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 – Demanda Real fornecida de 2015 à 2017



Fonte: Autoria própria

Com base na figura 6 foi identificado uma sazonalidade com comprimento $L=2$, ou seja, a cada dois meses o gráfico se comporta de maneira sazonal, variando de maneira similar aos mesmos períodos dos demais anos, justificando a utilização do método no estudo.

O método de Winters, demonstrado pela Equação 10, é utilizado sempre que os dados apresentam uma tendência, que deve ser calculada através da Equação 6 e sazonalidade, calculada através da Equação 9. Nesse método, além das constantes α e β , similares ao método de suavização exponencial duplo, é necessário definir a constante γ que representa a suavização de sazonalidade.

Afim de otimizar os índices α , β e γ no presente método, foram calculadas 3 variações para essas combinações de índices, onde os valores foram arbitrariamente escolhidos variando entre $\alpha = 0,1, 0,2$ e $0,3$, $\beta = 0,4, 0,5$ e $0,6$ e $\gamma = 0,7, 0,8$ e $0,9$.

Foram encontradas previsões para os meses dezoito e vinte, devido ao comprimento de sazonalidade, $L=2$, e por fim, identificado qual melhor variação entre os índices resultaria o menor valor para o método do MAPE, Equação 11.

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,5$ e $\gamma = 0,7$.

Tabela 23 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,5$ e $\gamma = 0,7$

t	Mês	Yt	At	Tt	St	Yt'	et
0					1		
1	jan/17	97.069	97.069	0	1		
2	fev/17	93.091	96.273	-398	1	97.069	4%
3	mar/17	132.824	103.265	3.297	1	95.875	28%
4	abr/17	109.759	107.722	3.877	1	104.096	5%
5	mai/17	129.213	110.808	3.481	1	133.959	4%
6	jun/17	118.548	114.992	3.833	1	115.009	3%
7	jul/17	126.423	116.554	2.697	1	139.784	11%
8	ago/17	119.068	118.667	2.405	1	122.057	3%
9	set/17	110.425	116.715	227	1	134.654	22%
10	out/17	105.511	114.458	-1.015	1	118.043	12%
11	nov/17	110.615	112.968	-1.253	1	112.981	2%
12	dez/17	93.739	109.146	-2.537	1	105.918	13%
13	jan/18	112.880	108.225	-1.729	1	104.924	7%
14	fev/18	88.543	105.193	-2.381	1	94.315	7%
15	mar/18	99.334	101.625	-2.974	1	105.420	6%
16	abr/18	96.413	101.476	-1.562	1	84.335	13%
17	mai/18	112.026	102.522	-258	1	99.098	12%
18	jun/18	103.591	104.293	757	1	94.240	9%
19	MAPE	8,8%	PREVISÃO			111.609	jul/18
20						102.817	ago/18

L	2
α	0,2
β	0,5
γ	0,7

Fonte: Autoria própria

Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,4$ e $\gamma = 0,8$.

Tabela 24 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,4$ e $\gamma = 0,8$

t	Mês	Yt	At	Tt	St	Yt'	et
0					1		
1	jan/17	97.069	97.069	0	1		
2	fev/17	93.091	96.671	-159	1	97.069	4%
3	mar/17	132.824	100.143	1.293	1	96.512	27%
4	abr/17	109.759	102.604	1.760	1	98.431	10%
5	mai/17	129.213	104.174	1.684	1	131.611	2%
6	jun/17	118.548	106.564	1.967	1	111.137	6%
7	jul/17	126.423	107.836	1.689	1	135.067	7%
8	ago/17	119.068	109.398	1.638	1	120.470	1%
9	set/17	110.425	109.236	918	1	131.775	19%
10	out/17	105.511	108.813	381	1	120.146	14%
11	nov/17	110.615	108.849	243	1	114.223	3%
12	dez/17	93.739	107.615	-348	1	108.423	16%
13	jan/18	112.880	107.584	-221	1	109.648	3%
14	fev/18	88.543	106.513	-561	1	96.156	9%
15	mar/18	99.334	104.873	-993	1	110.594	11%
16	abr/18	96.413	104.913	-579	1	87.691	9%
17	mai/18	112.026	105.491	-116	1	100.840	10%
18	jun/18	103.591	106.296	252	1	95.260	8%
19	MAPE	8,9%	PREVISÃO			111.115	jul/18
20						102.575	ago/18

L	2
α	0,1
β	0,4
γ	0,8

Fonte: Autoria própria

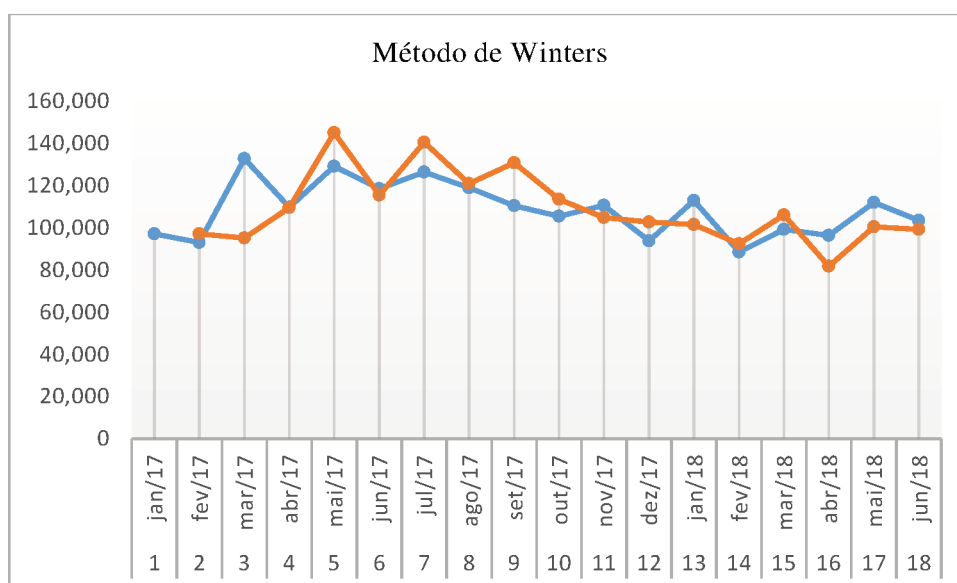
Aplicação do método de previsão utilizando $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,6$ e $\gamma = 0,9$.

Tabela 25 - Suavização exponencial com sazonalidade e tendência $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,6$ e $\gamma = 0,9$

Mês	Yt	At	Tt	St	Yt'	et	L	2
				1			α	0,3
jan/17	97.069	97.069	0	1			β	0,6
fev/17	93.091	95.875	-716	1	97.069	4%	γ	0,9
mar/17	132.824	106.459	6.063	1	95.159	28%		
abr/17	109.759	112.577	6.097	1	109.580	0%		
mai/17	129.213	114.770	3.754	1	145.125	12%		
jun/17	118.548	119.449	4.309	1	115.545	3%		
jul/17	126.423	120.030	2.072	1	140.532	11%		
ago/17	119.068	121.527	1.727	1	120.966	2%		
set/17	110.425	117.487	-1.733	1	130.833	18%		
out/17	105.511	113.298	-3.206	1	113.537	8%		
nov/17	110.615	111.920	-2.109	1	104.813	5%		
dez/17	93.739	106.905	-3.853	1	102.808	10%		
jan/18	112.880	106.526	-1.769	1	101.476	10%		
fev/18	88.543	103.420	-2.571	1	92.478	4%		
mar/18	99.334	98.917	-3.730	1	106.109	7%		
abr/18	96.413	100.310	-656	1	81.748	15%		
mai/18	112.026	103.066	1.391	1	100.551	10%		
jun/18	103.591	105.801	2.197	1	99.329	4%		
MAPE		8,5%	PREVISÃO		116.546	jul/18		
					107.583	ago/18		

Fonte: Autoria própria

Figura 7- Gráfico da demanda e previsão do método de Winters



Fonte: Autoria Própria

É possível identificar que as constantes de suavização que tem o menor erro percentual absoluto médio são $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,6$ e $\gamma = 0,9$ portanto, serão utilizadas para elaboração do método da suavização exponencial dupla.

Com base no método da suavização exponencial com sazonalidade e tendência com seus respectivos valores para α , β e γ foi encontrado o menor valor para o MAPE e portanto, melhor

representa a demanda do mês dezenove e vinte, com valores de demanda de 116.546 Kg e 107.583 Kg respectivamente.

4 RESULTADOS

4.1 Métodos de previsão

A análise dos erros de previsão permite selecionar, dentre os modelos aplicados no presente trabalho, aquele que devido ao seu baixo erro percentual médio encontrado, se mostrou mais viável para o cálculo de previsões no estudo. Portanto, baseado no critério de validação adotado foi analisado os erros percentuais absolutos médios (MAPE) e foram selecionados os que apresentaram menor valor dentro de cada metodologia abordada, conforme a Tabela 35.

Tabela 26 - Resultados obtidos

Métodos	Ft(19)	MAPE
Média móvel simples	102.841 Kg	6,47%
Média móvel ponderada	102.834 Kg	5,43%
Exponencial simples	103.760 Kg	7,92%
Exponencial dupla	105.116 Kg	14,28%
Exponencial com sazonalidade e tendência	116.546 Kg	8,50%

Fonte: Autoria própria

Comparando-se os métodos de previsão empregados, Média Móvel Simples, Média Móvel Ponderada, Exponencial Simples, Exponencial Dupla e Exponencial com Sazonalidade e Tendência, o método da Média Móvel Ponderada, $n=5$, é responsável por gerar menores valores de erro percentual absoluto médio (MAPE), com o resultado final de 5,43% de erro. Conforme a Tabela 36.

Tabela 27- Método com menor MAPE.

Período	Mês	Demanda histórica (Kg)	Ponderação					Previsão	
t		Y _t	1	2	3	4	5	F _t	$\sum \frac{et}{t} * 100$
1	jan/17	97.069							
2	fev/17	93.091							
3	mar/17	132.824							
4	abr/17	109.759							
5	mai/17	129.213							
6	jun/17	118.548	97.069	186.181	398.471	439.037	646.065	117.788	1%
7	jul/17	126.423	93.091	265.648	329.278	516.852	592.738	119.840	5%
8	ago/17	119.068	132.824	219.519	387.639	474.190	632.113	123.086	3%
9	set/17	110.425	109.759	258.426	355.643	505.690	595.338	121.657	10%
10	out/17	105.511	129.213	237.095	379.268	476.270	552.123	118.265	12%
11	nov/17	110.615	118.548	252.845	357.203	441.698	527.555	113.190	2%
12	dez/17	93.739	126.423	238.135	331.274	422.044	553.074	111.397	19%
13	jan/18	112.880	119.068	220.849	316.533	442.459	468.693	104.507	7%
14	fev/18	88.543	110.425	211.022	331.844	374.954	564.398	106.176	20%
15	mar/18	99.334	105.511	221.230	281.216	451.518	442.714	100.146	1%
16	abr/18	96.413	110.615	187.477	338.639	354.171	496.668	99.171	3%
17	mai/18	112.026	93.739	225.759	265.628	397.334	482.063	97.635	13%
18	jun/18	103.591	112.880	177.086	298.001	385.650	560.130	102.250	1%
19	jul/18	PREVISÃO	88.543	198.667	289.238	448.104	517.953	102.834	
								MAPE	5,43%

Fonte: Autoria própria

4.2 Análise dos resultados

A última etapa do estudo, tem como objetivo identificar se o resultado obtido com o uso das ferramentas aplicadas, obtiveram melhor acurácia, ou seja, menor erro percentual absoluto médio, em relação ao método de previsão atualmente aplicado pela empresa. Para isso, foi calculado o MAPE, para os valores coletados referente a previsão da empresa, dentro dos dezoito períodos observados nesse estudo. A Tabela 37, apresenta os valores de erro absoluto para cada um dos períodos analisados, assim como o resultado final do MAPE encontrado.

Tabela 28 - Cálculo do MAPE realizado pela previsão da indústria

Períodos	Y _t	F _t	$\sum \frac{et}{t} * 100$
01	97.069	93.436,37	4%
02	93.091	97.845,23	5%
03	132.824	114.073,40	14%
04	109.759	98.415,02	10%
05	129.213	120.010,09	7%
06	118.548	113.880,62	4%
07	126.423	119.041,71	6%
08	119.068	113.247,97	5%
09	110.425	108.108,66	2%
10	105.511	121.368,55	15%
11	110.615	99.839,31	10%
12	93.739	105.220,85	12%
13	112.880	119.211,01	6%
14	88.543	66.677,50	25%

15	99.334	92.850,16	7%
16	96.413	76.419,98	21%
17	112.026	95.581,69	15%
18	103.591	86.195,21	17%
		MAPE	10%

Fonte: Autoria própria

Foi possível observar o valor de 10% no erro percentual absoluto médio, resultado menos eficaz que quatro das cinco metodologias abordadas, ressaltando assim a importância da implementação de ferramentas de previsão de demanda.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa cumpre seu objetivo ao mostrar a viabilidade de se aplicar métodos de previsão de demanda em uma indústria alimentícia especializada na torrefação, moagem e distribuição de café. A necessidade da aplicação dos métodos presentes no estudo, se mostra eficaz no ambiente estudado, já que, com a avaliação dos métodos de previsão de demanda foi possível identificar que, quatro das metodologias aplicadas se mostraram mais eficazes na previsão da demanda que o método utilizado pelos gestores da empresa.

O método da média móvel ponderada com $t=5$ períodos, apresentou um erro 4,57% menor do encontrado ao método atual aplicado, obtendo assim um ganho de quase 50% na previsão de vendas futuras, resultando em uma melhoria significativa no planejamento de investimentos e considerável redução nos custos de estoque.

Levando em consideração o mercado de especulação do grão do café cru, uma melhor precisão nos dados de previsão acarreta maior segurança na tomada de decisão da alta gestão, já que, decidir quando e quanto comprar, principalmente quando o preço do grão está elevado, é um fator crucial que pode vir a diferenciar o rendimento das empresas que atuam nesse setor, assim como nos demais segmentos de commodities.

O estudo apresentou uma eficiente abordagem das ferramentas de previsão de demanda para auxílio na tomada de decisão, tendo se mostrado uma oportunidade a ser melhor explorada para aqueles que buscam otimizar seus custos com relação a previsão de venda e acúmulo de matéria prima parada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHER, B. (1980). Quantitative and Intuitive Techniques. *International Journal of Tourism Management*.v.1, n.1, p. 5-12.
- ARMSTRONG, J. (1983). Strategic Planning and Forecasting Fundamentals. In: ALBERT, K. *The Strategic Management Handbook*. New York: MacGraw Hill.
- BALLOU, R. H. (2001). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- BALLOU, R. H. (2001). Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- CARVALHO. (2010). Uso de técnicas de previsão de demanda em uma indústria de nutrição animal. *Simpep*.
- Chambers, J. C., Mullick, S. K., & Smith, D. D. (1984). *Executives guide to forecasting*. Malabar, FL: Krieger Publishing.
- DAVIS, M. M., AQUILANO, N. J., & CHASE, R. B. (2001). *Fundamentos da administração da*. Porto Alegre: Bookman.
- DIAS, M. A. (1993). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- ELSAYED, E., & BOUCHER, T. (1994). *Analysis and Control of Production Systems*. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- EVANS, J. (1982). Psychological Pitfalls in Forecasting. *Futures*. v. 14, n. 4, p. 258-265,.
- GODINHO, M. F., & FERNANDES, F. C. (2010). *Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial*. São Paulo: Atlas.
- KAHN, K. (1982). An Exploratory Investigation of New Product Forecasting Practices. *The Journal of Product Innovation Management*. v. 19, n. 2, p. 133-143.
- KOTLER, P. (1991). *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control*. New Jersey: Prentice-Hall.
- LEWIS. (1997). Previsão de demanda em operações de serviços: Um estudo em uma empresa do setor de transportes. *SIMPOI*.
- LOPES. (2002). *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo.
- LYNN, G., SCHNAARS, S., & SKOV, R. (1999). Survey of New Product Forecasting Practices in Industrial High Technology and Low Technology Businesses. *Industrial Marketing Management*. v. 28, n. 6, p. 565-571.

- MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S., & HYNDMAN, R. (1998). *Methods and Applications*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons.
- MARK, N., & RICHARD. (June 2001). Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda: técnicas e estudo de caso. *São Paulo* , v. 11, n. 1, p. 43-64.
- MARTINS, C., & LAUGENI, F. P. (2009). *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva.
- MCCLAVE, J. T., BENSON, P. G., & SINCICH, T. (2004). *Statistics for business and economics*. 9. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- MOON, M. (1998). Seven Keys to Better Forecasting. *Business Horizons*. v. 41, n. 5, p. 44-52.
- MOREIRA, D. (2004). *A. Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning.
- MOREIRA, D. A. (2011). *Administração da produção e operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning.
- MORETTIN, P. A., & TOLOI, C. M. (2004). *Análise de Séries Temporais*. São Paulo: Edgar Blucher Ltda.
- MURDICK, R. G., & GEORGOFF, D. M. (1993). *a Systems Approach. Technological Forecasting and Social Change*. v. 44, n. 1, p. 1-16.
- NOVAES, M. L., GONÇALVES, A. A., & SIMONETTI, V. M. (2006). Gestão das farmácias hospitalares através da padronização de medicamentos e utilização da curva ABC. In: *ENCONTRO SIMPEP*, 13. Bauru, São Paulo: SIMPEP.
- PARETO., V. (2005). *Manual of Political Economy. A critical and variorum edition*. Edited by Aldo Montesano, Alberto Zanni, Luigino Bruni, John Chipman and Michael McLure. Oxford: Oxford University Press, 2014. Porto Alegre: Thomson Pioneira.
- SAMOHYL, R. W., SOUZA, G., & R., M. (2008). *Métodos Simplificados de Previsão Empresarial*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna do Rio de Janeiro.
- SIPPER, D. &. (1997). *Production: Planning, Control and Integration*. New York: Mc Graw Hill.
- STEVENSON, W. J. (2007). *Production / operations management*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- THOMAS, R. J. (1987). New Product Market Potential: Combining Multiple Methods. *The Journal of Product Innovation Management*. v. 4, n. 2, p. 109-119.
- TUBINO, D. F. (2007). *Manual de planejamento e controle da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas.
- VEIGA, C., VEIGA, C., & DUCLÓS, L. (2010). A acuracidade dos modelos de previsão de demanda como fator crítico para o desempenho financeiro na indústria de alimentos.

WERNER, L. (2004). Um modelo composto para realizar previsão de demanda através da integração da combinação de previsões e do ajuste baseado na opinião. Porto Alegre.

YAMAMOTO, R. N. (2007). Modelo de previsão de demanda em uma indústria alimentícia utilizando um método quantitativo. São Paulo: USP.

3

