

## Determinação do método de previsão de demanda para uma fábrica de fermento biológico em Passos/MG

Determination of the demand forecasting method for a biological ferment factory in Passos/MG.

Determinación del método de previsión de demanda para una fábrica de levadura en Passos/MG

Roberson Rocha<sup>1</sup>, José da Silva Ferreira Junior<sup>2</sup>, Eduardo Henrique Marques Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, MG, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil.

---

### RESUMO

**Introdução:** O fermento biológico é um produto altamente perecível e tem como requisito seu armazenamento em baixa temperatura, gerando um maior custo na sua estocagem. Diante disto, fez-se necessário um estudo das informações da empresa sobre vendas passadas, com dados coletados no período de janeiro de 2016 a abril de 2019.

**Objetivo:** Buscou-se determinar o melhor método de previsão de demanda, dentro dos propostos teoricamente, para uma fábrica de fermento biológico seco em Passos/MG.

**Métodos:** Utilizou-se para avaliação os ajustes por séries temporais dos métodos de previsão, realizando posteriormente, comparativos por meio de erros de previsão e sinais de controle.

**Resultados:** , o método que melhor se comportou foi o de ajustamento sazonal para fenômenos com tendência, também chamado de método Holt-Winters. Neste, os erros MSEA, EQM e SAE estiveram entre os melhores (quanto menor melhor em comparação com os demais métodos) e os sinais de rastreamento e de Trigg também se mostraram bons.

A limitação do método se deu por meio da coleta de dados, a qual foi possível apenas no período de janeiro de 2016 a abril de 2019, devido a restrições de arquivos do objeto de estudo. Contudo, mesmo diante desta limitação, os cálculos utilizados se mostraram conformes a literatura dita e os resultados alcançaram os objetivos propostos neste artigo.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, há a verificação do método adotado para avaliação dos custos, além da aplicação da ferramenta escolhida em cada tipo de produto oferecido de maneira separadamente, por tamanho de empacotamento.

**Conclusão:** Determinou-se que o método de Holt-Winters baseado em ajustamento sazonal com tendência foi o que melhor se encaixou para a empresa em questão.

**Palavras-chave:** Séries Temporais; Ajustamento de previsão; Erro de Previsão; Sinais de controle.

#### Correspondência:

José da Silva Ferreira Junior

Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil.

Email: joseferjunior@yahoo.com.br

## ABSTRACT

**Introduction:** Biological yeast is a highly perishable product and has the requirement for its low temperature storage, generating a higher cost in its storage. Given this, a study of the company's information on past sales was necessary, with data collected from January 2016 to April 2019.

**Objective:** We sought to determine the best method of forecasting demand, within the proposed proposals, for a dry yeast factory in Passos/MG.

**Methods:** The adjustments by temporal series of forecasting methods were used for evaluation, later comparative through forecasting errors and control signs.

**Results:** The method that was best behaved was seasonal adjustment for tendency phenomena, also called the Holt-Winters method. In this, MSEA, EQM and SAE errors were among the best (the smaller the better compared to the other methods) and the tracking and trigger signals were also good.

The limitation of the method was through data collection, which was possible only from January 2016 to April 2019, due to file restrictions of the object of study. However, even in the face of this limitation, the calculations used proved to be compliance with the literature said and the results achieved the objectives proposed in this article. Finally, as a suggestion for future jobs, the method adopted for cost evaluation, in addition to applying the tool chosen in each type of product offered separately, due to pack size.

**Conclusion:** It was determined that the Holt-Winters method based on seasonal adjustment with a tendency was the one that best fit the company in question.

**Keywords:** Temporal series; Forecast adjustment; Forecast error; Signs of control.

## RESUMEN

**Introducción:** la levadura biológica es un producto altamente perecedero y tiene el requisito de su almacenamiento de baja temperatura, generando un costo más alto en su almacenamiento. Dado esto, fue necesario un estudio de la información de la compañía sobre ventas pasadas, con datos recopilados de enero de 2016 a abril de 2019.

**Objetivo:** Se buscó determinar el mejor método para pronosticar la demanda, dentro de las propuestas propuestas, para una fábrica de levadura seca en Passos/MG.

**Métodos:** Los ajustes por serie temporal de métodos de pronóstico se utilizaron para la evaluación, más tarde comparativo a través de errores de pronóstico y signos de control.

**Resultados:** El método que se comportó mejor fue el ajuste estacional para los fenómenos de tendencia, también llamado método Holt-Winters. En esto, los errores de MSEA, EQM y SAE estuvieron entre los mejores (cuanto más pequeños, mejor en comparación con los otros métodos) y las señales de seguimiento y desgarrador también fueron buenas. La limitación del método fue a través de la recopilación de datos, que solo fue posible de enero de 2016 a abril de 2019, debido a restricciones de archivos del objeto de estudio. Sin embargo, incluso ante esta limitación, los cálculos utilizados demostraron ser el cumplimiento de la literatura y los resultados lograron los objetivos propuestos en este artículo. Finalmente, como sugerencia para trabajos futuros, el método adoptado para la evaluación de costos, además de aplicar la herramienta elegida en cada tipo de producto ofrecido por separado, debido al tamaño del paquete.

**Conclusión:** Se determinó que el método Holt-Winters basado en el ajuste estacional con una tendencia fue el que mejor se ajustara a la empresa en cuestión.

**Palabras-clave:** Serie temporal; Ajuste de pronóstico; Error de pronóstico; Signos de control.

## INTRODUÇÃO

As previsões de demanda desempenham um importante papel em diversas áreas na gestão de organizações. Elas são essenciais na operacionalização de diversos aspectos do gerenciamento da produção, como na gestão de estoques, utilização adequada de máquinas, planejamento de recursos e no desenvolvimento de planos agregados de produção. Contudo, as previsões apresentam erros em suas estimativas, sendo de suma importância a coleta de dados e a escolha do método de previsão para diminuir os erros (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001; MARTINS; LAUGENI, 2005).

Tal questão de erros de previsão é um dos problemas encontrados na empresa objeto de estudo deste artigo. Seu principal produto, o fermento biológico, necessita de uma produção mais constante, mas com estocagem mínima, em vista de ser um produto perecível com temperatura controlada na faixa dos 4 graus célsius, elevando o custo e não agregando valor no produto. Conforme

Consul e Werner (2010), a competitividade de mercado aumenta ao passar do tempo, com um planejamento eficiente da produção pode-se diminuir o custo de um produto, assim tendo meios de resposta para essa competitividade existente. Diante do discorrido, este trabalho tem por objetivo, por meio de análise dos dados históricos, determinar o melhor método de previsão de demanda por séries temporais de uma fábrica de fermento biológico localizada em Passos/MG. Para tanto, especificam-se os objetivos em:

- Analisar, por meio de gráfico de linha 2D empilhada, a série temporal de dados da demanda de produtos da empresa fornecidos elaborado pelo autor para visualizar a oscilação;
- Aplicar os dados nos métodos de previsão baseados em média histórica;
- Por meio de um comparativo dos quatro tipos de erros e dois sinais de rastreamento, determinar o melhor método para a previsão de demanda baseado em média.

Justifica-se o objeto de estudo diante do faturamento nos últimos anos de sua cadeia produtiva à jusante. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP), o setor teve um faturamento de R\$ 92,63 bilhões no ano de 2018, com um crescimento de 2,81% em relação ao ano de 2017 (ABIP, 2019). Nota-se ainda crescimentos constantes nos anos anteriores, conforme a mesma ABIP (2019), sendo que em 2018, 2017, 2016 e 2015 houve faturamento nesta esfera de cerca de R\$92 bilhões, R\$90 bilhões, R\$87 bilhões e R\$85 bilhões, respectivamente.

Neste estudo, o objetivo foi a escolha de um método de previsão que equilibre a quantidade de fermento produzida com a venda do mesmo, o principal ponto com o equilíbrio de demanda e produção é o controle da estocagem do produto final sendo o de menor tempo possível e assim não ocasionado o aumento do custo final. Para Martins e Laugeni (2005), com a antecipação da quantidade a ser produzida com maior precisão, ganha-se um maior controle sobre todos requisitos da produção desde a matéria prima até horas trabalhada. Trabalhos técnicos práticos são apresentados na literatura sobre o tema e trazem contribuições para este estudo, citando-se Guerra e Oliveira-Melo (2021) que utilizaram a previsão de demanda em uma indústria também de alimentos e Alemsan *et al.* (2021) que o fez dentro do setor de materiais de nutrição em um hospital.

Para tanto, o trabalho subdivide-se neste primeiro tópico introdutório, informando objetivo e justificativa do estudo e segue com o tópico de revisão teórica, o qual apresenta os métodos de previsão de demanda e de controle de erros, bem como os sinais de rastreamento. O terceiro tópico traz o método de pesquisa com o passo-a-passo esperado para o projeto seguido do quarto capítulo, o qual redige sobre a aplicação e tratativas sobre os objetivos. Por fim, o último tópico conclui o trabalho, fechando e apresentando as conquistas e dificuldades ocorridas durante a execução.

## REVISÃO TEÓRICA

Gaither e Frazier (2001) enfatizam que a previsão da demanda é a estimativa futura de vendas de um produto ou serviço. Basicamente é formada de alguns métodos matemáticos os quais conseguem realizar melhor estimativas de vendas, contribuindo significativamente para que as empresas não tenham custos desnecessários em abordagens errôneas ou 'chutes' de previsões de faturamento.

Todas as informações necessárias para elaboração desta previsão devem ser oriundas uma abordagem quantitativa, tomando como base dados históricos alinhados a métodos matemáticos com projeções futuras, além de uma abordagem qualitativa, pressupondo fatores ou julgamentos. Em métodos quantitativos existe a tendência de utilizar dados históricos, para conseguir encontrar padrões de comportamento, existindo uma melhor aplicação em projeções de demanda de voltada a produtos que estão a maior tempo no mercado, já os qualitativos são mais indicados para lançamentos ou criação de algo novo (CORRÊA; CORRÊA, 2008). O Quadro 1 apresenta exemplos de métodos de previsão de demanda que podem ser utilizados pelas empresas.

Quadro 01: Exemplos de métodos de previsão.

Abordagens de previsão	Métodos de previsão
Abordagem qualitativa	Consenso do comitê
	Analogia histórica
	Pesquisa de mercado
	Pesquisa de clientes
	Pesquisa da equipe de vendas
	Delphi
Abordagem causal	Sistemas simultâneos
	Simulação
	Análise de regressão
Abordagem de séries temporais	Média móvel
	Média móvel ponderada
	Suavização exponencial
	Regressão linear e quadrática
	Métodos com tendência
	Métodos com sazonalidade

Fonte: Adaptado de Fernandes e Godinho (2010).

Diante do objetivo deste trabalho, foi utilizado a abordagem por séries temporais para determinar o melhor método. Uma série temporal de dados históricos pode exibir até quatro características diferentes em seu comportamento: média (as variações de demanda estão em torno de um valor constante); tendência (a demanda decresce ou cresce polinomialmente); ciclo (período de tempo para repetição da série temporal); e sazonalidade (a demanda cresce ou decresce, em certos períodos, como um dia ou um mês específico da série temporal) (MAKRIDAKIS et al., 1998; MARTINS; LAUGENI, 2005).

O Quadro 2 define as abordagens de séries temporais utilizadas neste trabalho, de forma simplificada, conforme descrição e equacionamentos propostos por Fernandes e Godinho (2020), Lavine et al. (2008), Makridakis et al. (1998), Martins e Laugeni (2005) e Tubino (2009).

Quadro 02: Definições e equações dos métodos de série temporal.

Método de Previsão	Definição	Formulação	Legenda
Média Móvel	A média móvel usa dados de um número predeterminados de períodos, normalmente os mais recentes, para gerar sua previsão. A cada novo período de previsão se substitui o dado mais antigo pelo mais recente.	$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$	F = previsão do período determinado; D = demanda real do período escolhido; t = período vigente; n = número considerados de períodos seguindo a série histórica.
Média Móvel com Ajustamento Exponencial	O peso de cada observação decresce no tempo em progressão geométrica, ou de forma exponencial. Em sua forma de apresentação mais simples, cada nova previsão é obtida com base na previsão anterior, acrescida do coeficiente de ponderação.	$P_t = P_{t-1} + \alpha(C_{t-1} - P_{t-1})$ $\alpha = \frac{2}{n + 1}$	$P_t$ = Previsão demanda próximo período; $P_{t-1}$ = Previsão demanda período anterior; $C_{t-1}$ = Demanda real período anterior; $\alpha$ = Coeficiente de ajustamento; $n$ = Número de períodos.
Regressão Linear	Analisa a relação entre duas variáveis. Tem-se uma variável independente (variável x) e uma dependente (variável y), sendo que a primeira causa mudanças na segunda.	$Y = a + bX$ $b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$ $a = y - bx$	Y = demanda no período; a = coeficiente linear da reta, ordena à origem ou intercessão no eixo dos Y; b = coeficiente angular da reta; X = período (partindo de X = 0) para previsão.
Ajustamento Sazonal sem Tendência	O método é aplicar a cada previsão suavizada exponencialmente um fator de sazonalidade, também conhecido como índice de sazonalidade, o qual reflete a relação entre a demanda de um período e a média dos períodos.	$P_t = S_t \times F_t$ $S_t = \alpha \left[ \frac{d_t}{F_t} \right] + (1 - \alpha)S_{t-1}$	$P_t$ = previsão para o período t; $S_t$ = previsão suavizada exponencialmente para o período t; $F_t$ = demanda real no período t dividido por demanda média no ciclo de sazonalidade; $d_t$ = demanda real no período t.
Ajustamento sazonal com tendência	O método de Holt-Winters é um método que também utiliza a média móvel, porém transformada de simples em exponencial, visando representar melhor a tendência e a sazonalidade dos dados. Utiliza, portanto, o fator de Sazonalidade S, e o de tendência T, para encontrar a previsão F.	$S_T = \alpha \left( \frac{d_T}{P_{T-L}} \right) + (1 - \alpha)(S_{T-1} + T_{T-1})$ $T_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1 - \beta)T_{T-1}$ $P_T = \gamma \left( \frac{d_T}{S_T} \right) + (1 - \gamma)F_{T-L}$	$P_t$ = previsão para o período t; $S_t$ = previsão suavizada exponencialmente para o período t; $F_t$ = demanda real no período t dividido por demanda média no ciclo de sazonalidade; $d_t$ = demanda real no período t. $\alpha$ = Coeficiente de ajustamento de sazonalidade; $\beta$ = Coeficiente de ajustamento de tendência; $\gamma$ = Coeficiente de ajustamento exponencial; T = Valor correspondente ao total de períodos.

Fonte: Compilação de informações adaptadas pelos autores a partir de Fernandes e Godinho (2020), Lavine et al. (2008), Makridakis et al. (1998), Martins e Laugen (2005) e Tubino (2009).

Embora existam tais métodos, a realidade das previsões sempre falha, mas pequenas discrepâncias no erro são mais aceitáveis do que os grandes erros. As medidas de erros para o processo de previsão são necessárias, em vista de que é inevitável as discrepâncias, a investigação e identificação desta imprecisão podem levar para resultados futuros melhores na maioria dos casos (SAMOBYL et al., 2008).

Basicamente o erro é calculado pela demanda real do período subtraída da demanda prevista por qualquer um dos métodos de séries temporais. Quanto menor o erro, melhor o método de previsão. Para auxiliar nesta análise, três métodos de cálculo de erros mais comuns podem vir a ser utilizados, sendo apresentados no Quadro 3, conforme Frias-Paredes et al. (2018), Martins e Laugeni (2005) e Pellegrini (2000). Outros métodos de erros podem ser encontrados em trabalhos técnicos aplicados, como os de Schneider, Zanotto e Corso (2021) e Tavares et al. (2021), contudo, conforme as diretrizes deste trabalho, focou-se na Soma Acumulada dos Erros (SAE), Média dos Erros Absolutos (MSEA) e Erro Quadrático Médio (EQM).

Quadro 03: Métodos de cálculo para erros de previsão.

Método de erro	Definição	Formulação	Legenda
Soma Acumulada dos Erros	O mais simples dos métodos de erros, basicamente obtém o total da soma dos erros de previsão por determinado período.	$SAE = \sum_{t=1}^T e_t$	T = Total de dados; n = Número de períodos; t = Valores; e <sub>t</sub> = Erro de previsão; Σ = Somatório.
Média dos Erros Absolutos	Soma-se os erros de cada período referentes à previsão, porém em formato absoluto (sempre positivo). Posteriormente, obtém-se a média desta soma.	$MSEA = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n  e_t $	
Erro Quadrático Médio	Para cada erro obtém-se o seu número ao quadrado, somam-se todos e obtém-se a média. É o método mais utilizado para determinação de erros.	$EQM = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2$	

Fonte: Compilação de informações adaptadas pelos autores a partir de Frias-Paredes et al. (2018), Martins e Laugeni (2005) e Pellegrini (2000).

Contudo, os métodos de erros, eles apenas aferem a previsão para dados passados. O futuro nem sempre é um reflexo perfeito dos eventos já ocorridos, por esse fato é necessário enfatizar além dos erros provenientes da previsão. A redução desta incerteza perante os erros pode ser elaborada a partir dos controles de previsões por dois tipos diferentes de coeficientes. O primeiro é chamado de Sinal de Rastreamento (TS), onde o mesmo compara o quociente entre o erro de previsão presente com uma média dos erros passados. Já o segundo, corrige a evolução existente nos desvios acumulados, intitulado TR (sinal de Trigg), que é considerado um meio mais eficiente (BALLOU, 2006; MARTINS; LAUGENI, 2005). O Quadro 4 apresenta o cálculo para cada um dos itens.

Quadro 01: Métodos de controle de previsão.

Método de controle	Formulação	Limite permitido	Legenda
Sinal de Rastreamento	$TS = \frac{DA}{DAAM}$	-3 < TS < +3	DA (desvio acumulado) = (Valor real – valor previsto); DAAM (desvio absoluto acumulado médio) = Erro médio de previsão em valor absoluto; $EME_{t-1}$ = erro médio exponencial do período anterior $\alpha$ = Coeficiente de ajustamento.
Sinal de Trigg	$TR = \frac{EME}{DAAM}$ $EME_t = (Desviomédio_t) + (1 - \alpha)(EME_{t-1})$	-1 < TS < +1	

Fonte: Compilação de informações adaptadas pelos autores a partir de Ballou (2006) e Martins e Laugeni (2005).

## MÉTODOS

Este estudo foi escrito com base em dados históricos de natureza quantitativa fundamentada no método de estudo de caso. Segundo Yin (2015), um estudo de caso é uma investigação empírica dentro de um contexto real, onde não há influência sobre as variáveis, e suas evidências para um estudo podem vir de seis fontes distintas, a saber: documentos; registros em arquivos; entrevistas; observação direta; observação participante; artefatos físicos.

Para este, os dados foram coletados por meio de registro de produção de planilhas eletrônicas, referentes ao período de janeiro 2016 a abril 2019. Os dados foram coletados pelos próprios autores de forma primária, e as informações foram disponibilizados pela empresa por meio de planilhas eletrônicas. O fermento biológico, principal produto da fábrica objeto de estudo, é embalado e com totalização em quilogramas, sendo que os dados bem como futuras previsões foram organizados na mesma métrica.

Para uma análise preliminar, por meio dos dados do produto em estudo, gerou-se um gráfico das demandas reais a fim de detectar componentes de tendência, nível, sazonalidade e ciclo. Posterior a isto foram testados os métodos de previsão de demanda apresentados na revisão teórica, utilizando os equacionamentos determinados. Para definição do melhor método, executou-se o cálculo dos erros e o controle de sinais, determinando que o método com menor erro foi considerado o melhor. O erro foi calculado por meio dos equacionamentos de previsão datas históricas de janeiro de 2016 a abril de 2019 em comparação com a demanda real. Já o controle pelos sinais, foi utilizado para demonstrar a aderência dos métodos de previsão ao longo do tempo, validando assim, a escolha do melhor método para previsão de demanda para esta fábrica em questão.

A Figura 1 ilustra o método utilizado para este trabalho, conforme embasamento de Pellegrini e Fogliatto (2001) e Tubino (2009). Gaither e Frazier (2001) enfatizam que a previsão da demanda é a estimativa futura de vendas de um produto ou serviço. Basicamente é formada de alguns métodos matemáticos os quais conseguem realizar melhor estimativas de vendas, contribuindo significativamente para que as empresas não tenham custos desnecessários em abordagens errôneas ou 'chutes' de previsões de faturamento.

A pesquisa foi desenvolvida durante os meses de setembro a novembro de 2020, no Centro de Ensino Professor Luís Viana, no município de Duque Bacelar buscando alcançar seus 900 alunos, sendo estes da 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio, com faixa etária entre 15-20 anos de idade.

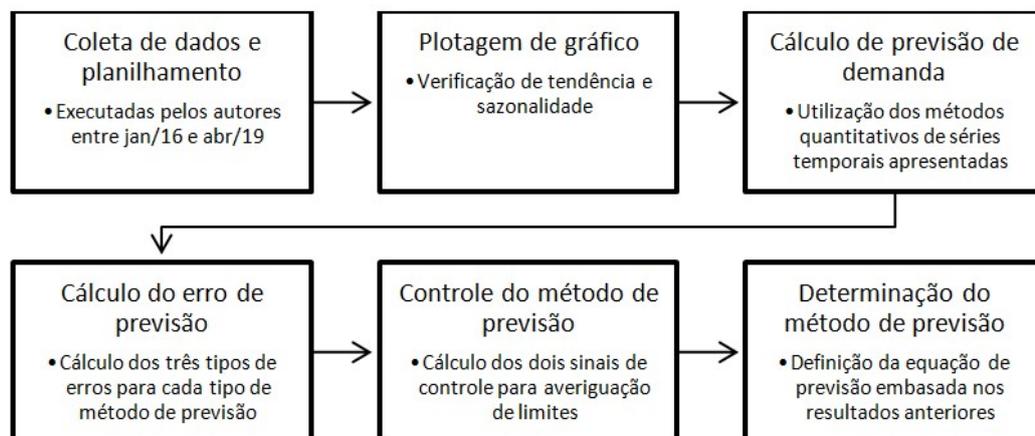


Figura 01: Etapas para desenvolvimento da pesquisa. Fonte: Descrito pelos autores a partir de adaptação de Pellegrini e Fogliatto (2001) e Tubino (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Coleta de dados e resultados

O objeto de estudo caracteriza-se como uma empresa de médio porte, que disponibiliza ao mercado seu principal produto, o fermento biológico seco, apenas com variações de tamanho de embalagens, sendo o processo produtivo único somente com alteração no momento do empacotamento do produto. Os dados obtidos representam as vendas mensais desde Janeiro de 2016 até Abril de 2019, conforme discriminado no método de pesquisa, sendo os mesmos utilizados na aplicação dos métodos propostos para avaliar qual a melhor previsão.

Com os dados históricos de vendas da fábrica foi possível plotar o gráfico por meio do software MsExcel®, para analisar linhas de tendências e sazonalidades, conforme segundo passo do método de pesquisa, conforme demonstra a Figura 2 e seguindo o passo utilizado na literatura por Dave *et al.* (2021), Nascimento e Soares (2021) e Júlio, Campanini e Lage Júnior (2021) em seus trabalhos também aplicados de previsão de demanda. A demanda da empresa sofre com alguns fatores que foram identificados utilizando a análise de dados, percebendo que de acordo com o período do ano as vendas tendem a aumentar ou retrair. Este estudo foi escrito com base em dados históricos de natureza quantitativa fundamentada no método de estudo de caso. Segundo Yin (2015), um estudo de caso é uma investigação empírica dentro de um contexto real, onde não há influência sobre as variáveis, e suas evidências para um estudo podem vir de seis fontes distintas, a saber: documentos; registros em arquivos; entrevistas; observação direta; observação participante; artefatos físicos.

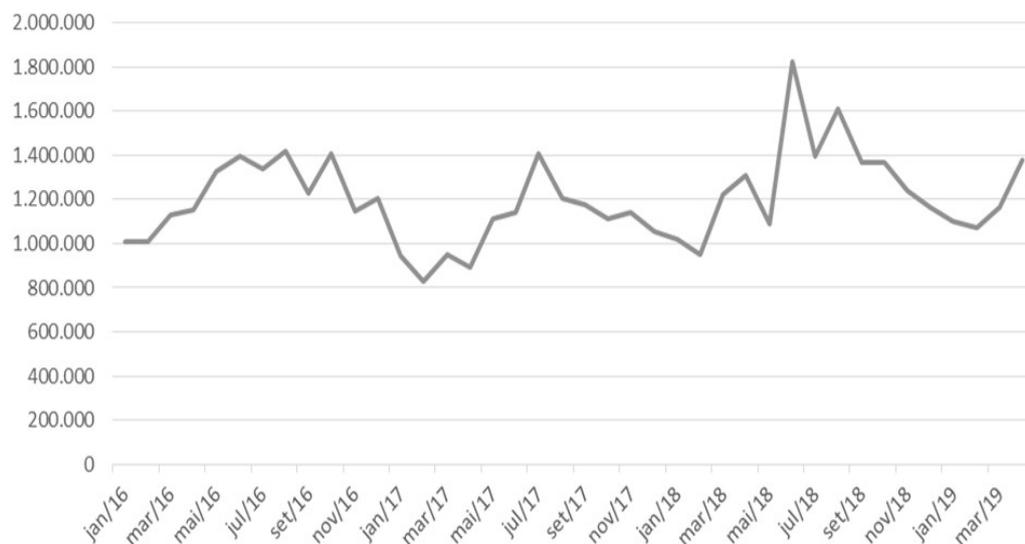


Figura 02: Gráfico de vendas no período.

Conforme proposto nos objetivos e no terceiro passo do método de pesquisa, com os dados históricos coletados, foram executadas as previsões de demanda utilizando os métodos quantitativos apresentados no Quadro 2, sendo eles: Média Móvel; Média Móvel com Ajustamento Exponencial; Regressão Linear; Ajustamento Sazonal sem Tendência; Ajustamento Sazonal com Tendência. Iniciando pela Média Móvel, a mesma foi calculada utilizando os três períodos históricos anteriores. Foi feita tal consideração devido à questão de oscilação da demanda apresentada na Figura 2. A Tabela 1 apresenta o resultado do cálculo para cada um dos períodos mensais em sua terceira coluna.

O segundo método de previsão a ser calculado foi o de Média Móvel com Ajustamento Exponencial. Para tanto, também foram utilizadas as equações propostas no Quadro 2, considerando  $\alpha = 0,15$  devido à característica de vendas anuais de doze períodos. A Tabela 1 apresenta os resultados conquistados em sua quarta coluna.

Seguindo para o terceiro método de previsão de demanda, de Regressão Linear, utilizou-se as equações próprias para o método e a plotagem também via mesmo software indicado no método de pesquisa. A Figura 3 ilustra a equação da reta encontrada e a Tabela 1 apresenta os resultados vindouros deste cálculo para cada um dos períodos em questão, em sua última coluna.

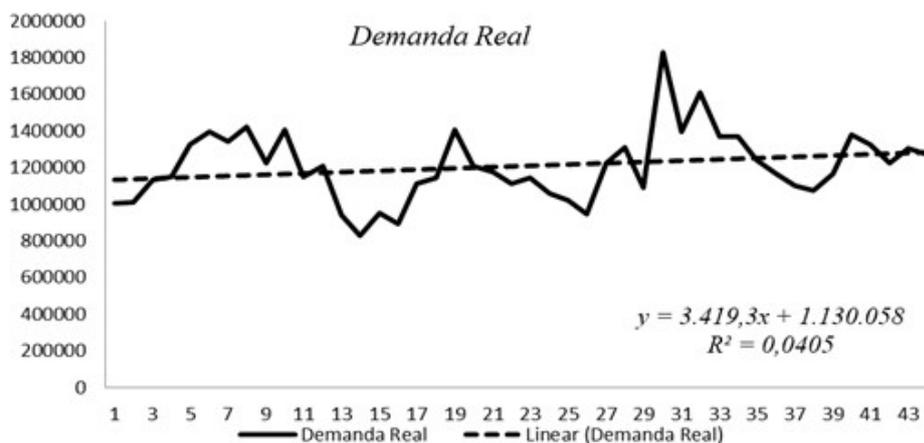


Figura 03: Gráfico da demanda com equação da reta.

Tabela 01: Resultados das previsões de demanda

Per	Demanda Real	Média Móvel Simples	Média Móvel Exponencial	Regressão Linear
1	1.006.205			1.133.478
2	1.009.307			1.136.897
3	1.131.349			1.140.317
4	1.150.520	1.048.954	1.048.954	1.143.736
5	1.326.986	1.097.059	1.064.579	1.147.155
6	1.393.530	1.202.952	1.104.950	1.150.574
7	1.340.247	1.290.345	1.149.347	1.153.994
8	1.420.129	1.353.588	1.178.716	1.157.413
9	1.225.848	1.384.635	1.215.856	1.160.832
10	1.406.313	1.328.741	1.217.394	1.164.252
11	1.148.444	1.350.763	1.246.458	1.167.671
12	1.207.138	1.260.202	1.231.379	1.171.090
13	942.977	1.253.965	1.227.650	1.174.510
14	827.695	1.099.520	1.183.854	1.177.929
15	949.672	992.604	1.129.060	1.181.348
16	893.308	906.781	1.101.462	1.184.767
17	1.110.312	890.225	1.069.438	1.188.187
18	1.142.525	984.431	1.075.727	1.191.606
19	1.407.760	1.048.715	1.086.003	1.195.025
20	1.205.981	1.220.199	1.135.504	1.198.445
21	1.174.638	1.048.954	1.146.347	1.201.864
22	1.112.516	1.097.059	1.150.699	1.205.283
23	1.140.963	1.202.952	1.144.825	1.208.703
24	1.055.896	1.290.345	1.144.231	1.212.122
25	1.018.942	1.353.588	1.130.641	1.215.541
26	947.843	1.384.635	1.113.456	1.218.961
27	1.221.301	1.328.741	1.087.977	1.222.380
28	1.307.494	1.350.763	1.108.489	1.225.799
29	1.089.120	1.260.202	1.139.105	1.229.218
30	1.827.447	1.253.965	1.131.415	1.232.638
31	1.394.418	1.099.520	1.238.497	1.236.057
32	1.611.384	992.604	1.262.485	1.239.476
33	1.369.567	906.781	1.316.161	1.242.896
34	1.366.604	890.225	1.324.378	1.246.315
35	1.241.654	984.431	1.330.874	1.249.734
36	1.164.917	1.048.715	1.317.148	1.253.154
37	1.098.399	1.220.199	1.293.728	1.256.573
38	1.072.519	1.168.323	1.263.677	1.259.992
39	1.166.707	1.111.945	1.234.268	1.263.411
40	1.377.597	1.112.542	1.223.874	1.266.831

O quarto método a ser trabalho é o com Ajustamento Sazonal para fenômenos sem tendência. Seguindo o equacionamento proposto no Quadro 2, foi realizado o índice de sazonalidade para cada mês de cada ano e, por média da demanda mensal, calculada a previsão de demanda por mês. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos perante esta sequência de cálculos.

Tabela 02: Cálculo Método ajustamento sazonal sem tendência.

Período	Demanda 2016	Demanda 2017	Demanda 2018	Demanda 2019	Demanda Média Período	Ind. Saz. 2016	Ind. Saz. 2017	Ind. Saz. 2018	Ind. Saz. 2019	Ind. Saz. Médio	Previsão
Janeiro	1.006.205	942.977	1.018.942	1.098.399	1.016.631	0,82	0,87	0,79	0,89	0,842	1017843
Fevereiro	1.009.307	827.695	947.843	1.072.519	964.341	0,82	0,77	0,73	0,87	0,797	963448
Março	1.131.349	949.672	1.221.301	1.166.707	1.117.257	0,92	0,88	0,94	0,95	0,922	1114359
Abril	1.150.520	893.308	1.307.494	1.377.597	1.182.230	0,94	0,83	1,01	1,12	0,972	1175170
Maio	1.326.986	1.110.312	1.089.120		1.213.312	1,08	1,03	0,84		0,982	1192757
Junho	1.393.530	1.142.525	1.827.447		1.396.784	1,13	1,06	1,41		1,200	1457247
Julho	1.340.247	1.407.760	1.394.418		1.361.483	1,09	1,30	1,08		1,156	1403912
Agosto	1.420.129	1.205.981	1.611.384		1.377.691	1,15	1,12	1,24		1,171	1422319
Setembro	1.225.848	1.174.638	1.369.567		1.256.684	1,00	1,09	1,06		1,047	1264694
Outubro	1.406.313	1.112.516	1.366.604		1.295.144	1,14	1,03	1,05		1,076	1299688
Novembro	1.148.444	1.140.963	1.241.654		1.177.021	0,93	1,06	0,96		0,982	1187065
Dezembro	1.207.138	1.055.896	1.164.917		1.142.651	0,98	0,98	0,90		0,952	1150725
Média	1.230.501	1.080.354	1.296.724	1.178.806	1.214.603						

Por fim, o último método de previsão utilizado é o com ajustamento sazonal para fenômenos com tendência, também chamado de método Holt-Winters. Para se encontrar as constantes de suavização de demanda, tendência e sazonalidade representadas pelas letras  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  respectivamente foi utilizado o software MsExcel®, que possui uma ferramenta em si chamada Solver, sendo possível chegar a valores para as incógnitas de suavização que representaria o menor valor para a soma dos erros em absoluto. Os resultados são apresentados na Tabela 3, considerando as equações do Quadro 2 para este método.

Com todas as cinco técnicas empregadas, passa-se para o quarto passo do método de pesquisa, que é o de avaliação do erro das previsões para definição da que melhor se encaixa para a demanda proposta nesta empresa. As medidas de precisão da previsão Erro Quadrado Médio (EQM), Média Absoluta dos Erros (MSEA) e Soma Acumulada dos Erros (SAE), apresentadas anteriormente no Quadro 3, serão utilizadas para esta avaliação. A avaliação, conforme ditado na revisão teórica, é que quanto menor o erro em comparação com os dados históricos de cada método de previsão, melhor será este método de previsão. A Tabela 4 apresenta os resultados para os cálculos efetuados dos erros.

Tabela 04: Comparativo dos erros de previsão.

Método de previsão	MSEA	EQM	SAE
Média Móvel	37.476.000.726	153.562	373.286
Média Ajuste Exponencial	39.706.106.477	151.460	1.290.743
Média Ajuste Sazonal	17.082.601.500	97.684	-577.954
Regressão Linear	36.874.840.930	150.322	0
Holt-Winters	15.455.287.237	83.309	-288.194

Tabela 03: Aplicação do método Holt-Winters.

$\alpha = 0,04$		$\beta = 0,13$		$\gamma = 0,18$	
Período	Demanda Real	St	Tt	Ft	Previsão
1	1.006.205	1.038.884	-9.827	0,71	
2	1.009.307	1.038.884	-9.827	0,71	
3	1.131.349	1.038.884	-9.827	0,81	
4	1.150.520	1.038.884	-9.827	0,83	
5	1.326.986	1.038.884	-9.827	0,96	
6	1.393.530	1.038.884	-9.827	1,01	
7	1.340.247	1.038.884	-9.827	0,98	
8	1.420.129	1.038.884	-9.827	1,05	
9	1.225.848	1.038.884	-9.827	0,91	
10	1.406.313	1.038.884	-9.827	1,05	
11	1.148.444	1.038.884	-9.827	0,87	
12	1.207.138	1.038.884	-9.827	0,92	
13	942.977	1.059.228	-5.792	0,79	831.430
14	827.695	1.081.835	-1.995	0,79	852.279
15	949.672	1.098.771	536	0,86	949.672
16	893.308	1.115.885	2.753	0,88	987.056
17	1.110.312	1.125.591	3.683	0,98	1.125.313
18	1.142.525	1.132.804	4.155	1,03	1.189.903
19	1.407.760	1.141.827	4.806	1,00	1.175.689
20	1.205.981	1.147.737	4.953	1,05	1.250.829
21	1.174.638	1.161.015	6.066	0,94	1.141.400
22	1.112.516	1.167.076	6.066	1,05	1.294.570
23	1.140.963	1.183.564	7.459	0,90	1.137.128
24	1.055.896	1.197.331	8.303	0,94	1.216.910
25	1.018.942	1.219.285	10.128	0,74	999.243
26	947.843	1.241.407	11.732	0,74	1.043.918
27	1.221.301	1.256.798	12.221	0,82	1.175.434
28	1.307.494	1.270.663	12.441	0,83	1.220.567
29	1.089.120	1.276.420	11.547	0,94	1.383.262
30	1.827.447	1.278.469	10.277	0,98	1.440.612
31	1.394.418	1.280.677	9.198	0,96	1.394.417
32	1.611.384	1.278.813	7.719	1,01	1.451.185
33	1.369.567	1.282.178	7.137	0,90	1.288.645
34	1.366.604	1.278.065	5.633	1,02	1.425.573
35	1.241.654	1.282.068	5.415	0,86	1.213.948
36	1.164.917	1.282.747	4.781	0,90	1.264.604
37	1.098.399	1.310.694	7.879	0,73	1.098.398
38	1.072.519	1.339.644	10.696	0,73	1.182.857
39	1.166.707	1.361.265	12.157	0,80	1.358.940
40	1.377.597	1.381.759	13.272	0,82	1.434.570

Para auxiliar na escolha do melhor método de previsão aplicou-se o Sinal de Rastreamento (TS) e o Sinal de Trigg (TR) descritos no Quadro 4, seguindo o quinto passo do método desta pesquisa. A resolução das equações se encontra na Tabela 5.

Tabela 05: Cálculo sinais de Rastreamento e Trigg.

Método de previsão	TS	TR
Média Móvel	-2,48 e 6,65	-0,34 e 1,25
Média Ajuste Exponencial	-2 e 11,96	-1,45 e 0,79
Média Ajuste Sazonal	-19,24 e 1,84	-0,48 e 0,72
Regressão Linear	-6,86 e 7,49	-1,5 e 0,66
Holt-Winters	-4,85 e 2,26	-0,54 e 1,46

Comparando-se os métodos de previsão empregados por meio índices das médias das somas dos erros absolutos, soma dos erros e erros quadráticos médios expressos, aliados aos cálculos dos sinais de rastreamento e de Trigg, percebe-se que o método Holt-Winters é responsável por gerar os menores erros e melhor encaixe nos sinais. Os dados extraídos para este método de previsão estão na Tabela 6.

Tabela 1: Resumo das informações para o método escolhido.

Método de previsão	MSEA	EQM	SAE	TS	TR
Holt-Winters	15.455.287.23 7	83.309	-288.194	-4,85 e 2,26	-0,54 e 1,46

O Nota-se que, tanto pelo erro MSEA quanto pelo EQM, tal método se mostrou o melhor, utilizando a métrica de, quanto menor erro, melhor. Também se nota que, mesmo sendo o segundo melhor pelo SAE, só fica atrás da Regressão Linear que ficou altamente ajustada. Quanto aos sinais de rastreamento, mesmo estando fora do limite inferior no TS, foi o que mais se aproximou dos limites (entre -3 e +3), enquanto os demais métodos extrapolaram em valores absolutos, um montante bem maior, indicando que nem sempre o método foi adequado diante do histórico. Já o sinal TR, mesmo não sendo o melhor e extrapolando o limite (entre -1 e +1), se mostrou adequado em comparação aos demais, em uma visão geral. Sendo assim, constata-se que seus valores de previsão foram o que mais se aproximaram da realidade.

Propõe-se, por fim, à empresa em questão, utilizar o método Holt-Winters para executar previsões de demanda de produção do fermento biológico seco para melhorar seu estoque final, em vista da perecibilidade do produto em questão. Também se sugere à empresa que sempre calcule os sinais de rastreamento e de Trigg para verificação, período a período, da aderência do método equacionado escolhido para com a demanda real do período, com a finalidade de se determinar que o método continua útil quando comparado com as vendas.

### Coleta de dados e resultados

Após conclusão do trabalho técnico, determinou-se o modelo de Holt-Winters para a empresa em questão. Tal escolha se demonstrou a que melhor que encaixa nos dados históricos do empreendimento, mantendo-se próximo aos limites de controle estabelecidos.

Sobre os métodos de previsão testados, os mesmos foram especificados pelos autores em virtude da vasta gama de trabalhos na literatura que os trazem como principais. Citam-se os autores Nascimento e Soares (2021) que utilizaram Média Móvel e Ajuste Exponencial em seu trabalho sobre previsão de vendas em uma empresa de confecção, e também o artigo de Schneider, Zanotto e Corso (2021) que se utilizou de Média Móvel, Ajuste Exponencial e Holt-Winters em uma indústria moveleira.

Dos passos para determinação do melhor método, utilizando-se de erros, podem ser citados os trabalhos de Tavares *et al.* (2021) e Guerra e Oliveira-Melo (2021), os quais utilizaram o erro percentual e outros tipos de erros como os abordados na revisão teórica deste artigo. Nota-se também que ambos os artigos supracitados também se utilizaram de testes em diversos métodos de previsão, incluindo os aqui apresentados na pesquisa, corroborando para a diretriz estabelecida no trabalho de se determinar possíveis métodos de previsão e se testar, por meio de dados históricos, a melhor abordagem via erros de cada um dos testes.

Já sobre as etapas estabelecidas nesta pesquisa, o mesmo trabalho de Guerra e Oliveira-Melo (2021) assim como o trabalho de Cavalcante e Silva (2021), seguem basicamente os mesmos passos estabelecidos no capítulo de Método de Pesquisa deste artigo. Autores teóricos da área como Martins e Laugeni (2005) e Tubino (2009) propõe a mesma abordagem e são seguidos em diversos dos autores citados aqui, assim como Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), os quais são considerados clássicos deste método. A questão principal de diferença entre este e a literatura apresentada é também o teste do sinal de rastreamento sobre os dados históricos.

Como aprofundamento, é perceptível a grande utilização da escolha de métodos de previsão na literatura, sendo que há diversos outros abordados nos trabalhos supracitados deste tópico. Enxerga-se a possibilidade de discussão para os dados desta pesquisa também em abordagem em formato ARIMA, Holt-Winters multiplicativo, regressões múltiplas ou ainda abordagens matemático-estatísticas do tipo de Redes Neurais ou Aprendizagem de Máquina, como utilizados em trabalhos publicados por Alemsan *et al.* (2021), Cavalcante e Silva (2021), Feizabadi (2022), Kantasa-ard *et al.* (2020) e Tavares *et al.* (2021).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo de caso, desenvolveram-se diversos métodos de previsão de demanda com o objetivo de escolher o que mais se aproxima da realidade usando como base a série temporal de dados fornecidos pela empresa de produção de fermento biológico seco. Para empresas que se atentam com o planejamento de suas operações, esta informação do método de previsão de vendas é vital, principalmente para aquelas cujos produtos são perecíveis e que dependem da disponibilidade de matéria-prima de origem agropecuária, como é o caso da indústria de alimentos.

Diante do apresentado no desenvolvimento deste artigo, o método que melhor se comportou foi o de ajustamento sazonal para fenômenos com tendência, também chamado de método Holt-Winters. Neste, os erros MSEA, EQM e SAE estiveram entre os melhores (quanto menor melhor em comparação com os demais métodos) e os sinais de rastreamento e de Trigg também se mostraram bons.

A limitação do método se deu por meio da coleta de dados, a qual foi possível apenas no período de janeiro de 2016 a abril de 2019, devido a restrições de arquivos do objeto de estudo. Contudo, mesmo diante desta limitação, os cálculos utilizados se mostraram conformes a literatura dita e os resultados alcançaram os objetivos propostos neste artigo.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, há a verificação do método adotado para avaliação dos custos, além da aplicação da ferramenta escolhida em cada tipo de produto oferecido de maneira separadamente, por tamanho de empacotamento.

## REFERÊNCIAS

ABIP – **Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria**. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/indicadores-da-panificacao-e-confeitaria-brasileira-2018/>. Acesso em 25/10/2019.

ALEMSAN, N.; LISTA, A. P.; GUIMARÃES, M. C.; TORTORELLA, G. L.; GONÇALVES, A. L. Previsão de demanda de materias de nutrição em um hospital público. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.

BALLOU, R. B. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial**. 5. Ed. Porto Alegre, 2006.

CAVALCANTE, J. N. G.; SILVA, M. M. Modelos de séries temporais para previsão de demanda de aparelhos de ar-condicionado split no Brasil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.

CONSUL, F. B.; WERNER, L. Avaliação de técnicas de previsão de demanda utilizadas por um software de gerenciamento de estoques no setor farmacêutico. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 30, São Paulo, 2010. **Anais do XXX ENEGEP**. São Paulo- SP. 2010.

CORRÊA, A. C.; CORRÊA, L. H. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

DAVE, E.; LEONARDO, A.; JEANICE, M.; HANAFIAH, N. Forecasting Indonesia Exports using a Hybrid Model ARIMA-LSTM. **Procedia Computer Science**, v. 179, p. 480-487, 2021.

FEIZABADI, J. Machine Learning demand forecasting and supply chain performance. **International Journal of supply chain management**, v. 25, n. 2 2022.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, F. M. **Planejamento e Controle da Produção – Dos Fundamentos ao Essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

FRÍAS-PAREDES, L.; MALLOR, F.; GASTÓN-ROMEO, M.; LEÓN, T. Dynamic mean absolute error as new measure for assessing forecasting errors. **Energy Conversion and Management**, v. 162, p. 176188, feb. 2018.

- GAITHER, N.; FRAIZER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2001.
- GUERRA, I. V.; OLIVEIRA-MELO, F. G. Aplicação dos métodos de previsão de demanda em uma indústria de alimentos. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.
- JÚLIO, G. M.; CAMPANINI, L.; LAGE JÚNIOR, M. Proposta de aplicação de métodos de previsão de demanda em uma empresa fabricante de acessórios para construção civil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.
- KANTASA-ARD, A.; NOUIRI, M.; BEKRAR, A.; AIT EL CADI, A.; SALLEZ, Y. Machine learning for demand forecasting in the physical internet: a case study of agricultural products in Thailand. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 24, 2020.
- LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008.
- MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Willey & Sons, 1998.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- NASCIMENTO, C. A. G.; SOARES, R. S. Análise da previsão de demanda utilizando o software Excel: um estudo de caso em uma pequena empresa de confecção na região metropolitana de Belém. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.
- PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda**. 2000. 146 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F. S. Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda - técnicas e estudo de caso. **Revista Produção**, v. 11, n. 1, p. 43-64, 2001.
- SAMOHYL, R. W.; SOUZA, G.; MIRANDA, R. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- SCHNEIDER, A. C.; ZANOTTO, M. R.; CORSO, L. L. Aplicação de métodos de previsão de demanda para projeção de consumo de chapas de MDP de uma indústria do ramo moveleiro. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.

TAVARES, N. G.; VERALDO JUNIOR, L. G.; DOROTEA, R. S.; BORGES, J. E. S.; ZANIN, M. A. Aplicação de métodos para previsão de demanda em um posto de gasolina no Vale do Paraíba. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 41, São Paulo, 2021. **Anais do XLI ENEGEP**, Foz do Iguaçu-PR, 2021.

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

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.