

## **ESTUDO DA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA COM AVALIAÇÃO DE RESULTADOS ATRAVÉS DE MÉDIA ABSOLUTA, EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Luís Henrique Rodrigues** (Universidade Federal do ABC)

**Leonardo Gonçalves Feldman** (Universidade Federal do ABC)

**Ricardo Reolon Jorge**(Universidade Federal do ABC)

### **Resumo**

Esta pesquisa visa o aprofundamento do conhecimento sobre a aplicação de métodos de previsão de demanda em pequenas empresas do ramo da construção civil. Partindo de uma análise bibliográfica das pequenas empresas e das características desse mercado, foram realizadas duas frentes de análise, uma focada na previsão de demanda em uma empresa estudo de caso e outra focada na metodologia de previsão de demanda praticada pelas empresas concorrentes. Assim, realizou-se a aplicação dos métodos de previsão de demanda nas séries temporais de dados coletados no setor de vendas da empresa do estudo de caso, realizando uma análise focada em métodos quantitativos de previsão de demanda, buscando verificar qual o melhor dentre os métodos destacados. A fim de comparar os resultados obtidos nesta análise interna, realizou-se um survey exploratório em empresas concorrentes que se encaixavam no perfil desejado, buscando aferir o tipo de métodos de previsão de demanda mais utilizado. Foram utilizados o desvio absoluto médio e o erro absoluto médio percentual, para classificação dos métodos de previsão de demanda. A metodologia da pesquisa se classifica como exploratória, inserida em dois procedimentos sendo, um survey de corte transversal (qualitativo) e um estudo de caso (quantitativo). Dos métodos de previsão de demanda estudados na empresa do, estudo de caso, temos como resultado negativo o método qualitativo e como resultado positivo o método de previsão de demanda Holt-Winters aditivo, que é capaz de aproximar os resultados do modelo qualitativo praticado pelas empresas do mercado concorrente da cadeia de suprimentos.

**Palavras-chave:** Previsão de demanda; Pequenas empresas; Construção civil; Análise séries temporais.

## **Abstract**

This research aims to deepen the knowledge about the application of demand forecasting methods in small companies into the construction industry. Starting from a bibliographical analysis of small companies and the characteristics of this type of production, two front of analysis were made, the first one focused on demand forecasting methods inside a construction company and the second one focused on demand forecast methods practiced by competing companies. The application of the demand forecast methods was carried out in the time series of data collected in the sales department of the construction company, focusing in analyse the quantitative demand forecasting methods, seeking to verify which is the best among the choosed methods. To compare the obtained results in this internal analysis, an exploratory survey was made in competing companies that fit the desired profile, seeking to know the most used type of demand forecasting method. The mean absolute deviation and the mean absolute percentage error were used to classify the demand forecasting methods. The research methodology is classified as exploratory, using two types of analysis, a cross-section survey (qualitative) and a case study (quantitative). About the demand forecasting methods that were studied in the case study company, we have the qualitative method as a negative result and the additive Holt-Winters demand forecasting method as a positive result, because it is able to approximate the results of the qualitative model practiced by the companies that compete with the supply chain.

**Keywords:** Demand forecasting methods; Small companies; Construction industry; Time series analysis.

## **1. Introdução**

Segundo Werner (2004) planejar a demanda e antever o futuro são antigas aspirações do planejamento da produção e diante do cenário competitivo atual, essa tarefa é indispensável. É importante entender a dinâmica da previsão de demanda que, em um primeiro momento pode ser entendida como a quantidade que é vendida de um determinado produto ou serviço. Assim, para prever a demanda, é necessária uma análise completa dos atores e variáveis envolvidas no negócio. (FERRO et al., 2020). Outro ponto fundamental é o que afirmam Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), ou

seja, o processo de previsão de demanda auxilia fundamentalmente no planejamento dos recursos, evitando desperdícios, permitindo reduzir gastos equivocados por meio de tomada de decisões erradas sem base fundamentada (DOS REIS; et al., 2015). Este planejamento é ainda mais relevante para as pequenas empresas, cujos recursos são muito escassos. Também neste sentido, afirmam Bassi; et al. (2022), que a ausência de uma provisão de demanda ocasiona, por um lado, a falta de produtos para atender o mercado e, por outro, a perda de produtos no estoque por falta de demanda.

A lei complementar 123 de 14 de dezembro de 2006, define: “pequenos negócios empresariais compreendem os empreendimentos com registro no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) e faturamento bruto anual até R\$ 4,8 milhões”.

Dentro deste perfil de empresa, pode-se destacar a utilização de métodos de previsão de demanda, no planejamento da produção, como um fator de aumento da probabilidade de sobrevivência do empreendimento (ANDREASSI, 2006), dado que a taxa de sobrevivência dos pequenos negócios no Estado de São Paulo é de 76,3% (SEBRAE, 2018). As principais dificuldades das micro e pequenas empresas estão relacionadas às questões de gestão da empresa, como dificuldades financeiras, planejamento da demanda e produção. Dessa forma, a previsão, o planejamento e o entendimento da demanda devem ser destacadas como atividade crucial para a longevidade da empresa (SEBRAE, 2013). Neste contexto, a falta da previsão de demanda provoca impactos negativos na compra de matérias-primas, na definição da mão de obra e perdas financeiras e de produtividade (FERRO et al., 2020, p. 312).

Como é regra dentre os segmentos que compõem a indústria de base, a construção civil tem, tipicamente, um caráter pró-cíclico, demonstrando uma correlação positiva entre a atividade econômica do país e a área (GONÇALVES, 2015, p. 1).

Segundo Gonçalves (2015) o mercado da construção civil apresentou um alto índice de crescimento entre os anos de 2008 e 2013, pois, o Brasil experimentou o aumento do produto interno bruto (PIB) e do estímulo governamental no setor. Assim nos anos seguintes, a diminuição do volume de obras públicas atrelado, também, ao tímido crescimento apresentado nos últimos anos acarretou uma forte crise no setor (GONÇALVES, 2015).

Uma característica desse mercado é que as licitações abertas e a administração das obras grandes tendem serem captadas pelas grandes empresas, por praticar melhores preço e pela capacidade de mobilização de mão de obra, porém há um grande volume de subcontratados que realizam partes específicas do planejamento e execução

das obras, sendo estes representados pelas micro e pequenas empresas. (GONÇALVES, 2015).

O processo de terceirização, especialização e ramificação do processo construtivo facilitado pelas novas tecnologias, demonstram a tendência favorável de crescimento dos pequenos negócios relacionados a construção civil. (SEBRAE, 2018).

Segundo SEBRAE (2016) as pequenas empresas, pelo seu baixo faturamento anual, possuem pouca margem orçamentaria para arcar com erros no planejamento operacional, decorrentes de equívocos na previsão de demanda, assim esses erros provocam perdas em todos os setores operacionais e em alguns casos levando a falência.

É diante deste cenário empresarial das pequenas empresas da construção civil, que esta pesquisa se propõe a estudar, qual o melhor método de previsão de demanda, quando aplicados à uma série temporal de dados de uma empresa de pequeno porte, comparando com os resultados obtidos pelos concorrentes, utilizando-se o desvio absoluto médio e o erro absoluto médio percentual como parâmetros avaliativos.

## **2. Referencial teórico**

O funcionamento da cadeia de suprimentos está intrinsecamente relacionado com o modo como funciona um empreendimento. Entender o fluxo dos processos e seus intertravamentos, demonstram os pontos fortes e fracos de um negócio (BARBOSA et al., 2012). A cadeia de suprimento é constituída por um conjunto de organizações que estão envolvidas direta ou indiretamente com a empresa no processo de aquisição e distribuição de produtos e serviço (BARBOSA et al., 2012). A administração dessa cadeia não é uma tarefa fácil para os pequenos empreendimentos, uma vez que possuem um baixo poder de barganha. Desta forma, segundo Madeira (1999), o *benchmarking* ajuda medir e comparar continuamente os processos empresariais de uma organização em relação aos líderes do segmento produtivo e/ou concorrentes. Para entender melhor o mercado competitivo, através do *benchmarking*, são necessários quatro passos: planejamento do projeto; coleta de dados; análise dos dados; adaptações e melhoria (MADEIRA, 1999). Dessa forma para a realização dessa pesquisa de *benchmarking* competitiva é importante definir os objetivos da análise, como também quem deve ser analisado e como cada um pode contribuir para chegar a esses objetivos traçados para essa pesquisa. (WATSON, 1994)

### **2.1. Planejamento da demanda**

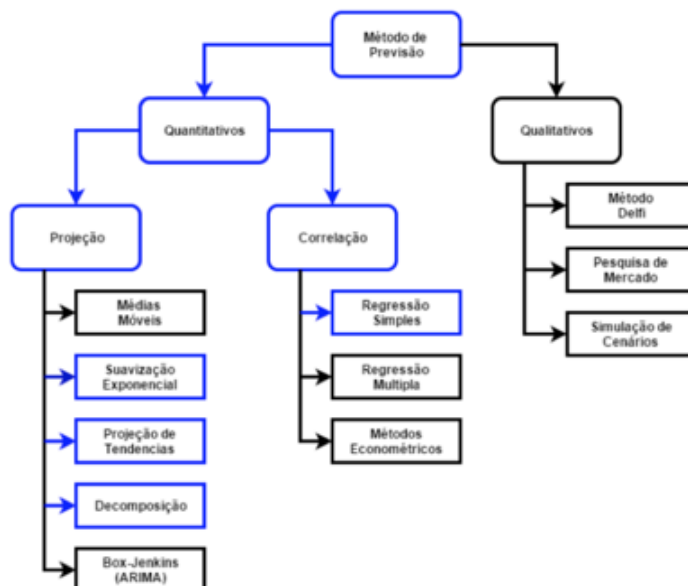
O planejamento da demanda é um processo de análise da variação temporal da demanda no período de interesse, essa análise é o ponto de partida do horizonte de planejamento dos próximos passos de um empreendimento. (FERRO et al., 2020). Segundo Tálamo (2021) para realizar o planejamento de demanda é necessário entender as séries temporais, sendo elas, um conjunto de dados obtidos com o passar do tempo, onde a ordem dos elementos é importante podendo representar a demanda, vendas, entre outros. Podemos iniciar a análise das séries temporais de dados, a partir da decomposição da série em componentes que denotam as características de interesse, sendo essas componentes:

- Tendência Secular - Tendência observada em toda série temporal.
- Variação Sazonal - Padrões de oscilação periódicos em um curto período.
- Tendência Cíclica - Padrões de oscilação periódicos em um longo período.
- Variação aleatória (Ruídos) - Variações imprevisíveis, com períodos aleatórios.

O tomador de decisão a partir dessa decomposição de forma descritiva e visual é capaz de detectar padrões e determinar quais componentes são mais relevantes ao observar um gráfico que represente uma série temporal, porém usando apenas essa análise qualitativa, há uma incapacidade de propor um modelo preditivo estatisticamente preciso com apenas essas informações. Portanto para promover a capacidade de reproduzir previsões satisfatórias em um modelo estatístico mais robusto, é necessário recorrer aos métodos de previsão de demanda quantitativos e qualitativos descritos na literatura. (SANTOS, 2001).

Na figura 1 estão demonstrados os métodos de previsão de demanda que segundo Lustosa (2008), são os mais relevantes dentro do planejamento e controle da produção. Nele é observado uma separação dicotômica entre os modelos quantitativos e qualitativos que partem de princípios distintos para a análise da demanda existente.

Figura 1 – Diagrama dos principais métodos de previsão de demanda



Fonte: Lustosa (2008).

Na figura 2, é feito um detalhamento sobre os métodos de previsão de demanda classificados como de projeção quantitativos, onde são destacadas as componentes das séries temporais de dados captadas por cada modelo.

Figura 2 – Tabela dos métodos de séries temporais classificados de acordo com suas características

Séries Temporais	Nível	Tendência	Sazonalidade	Séries Estacionárias	Séries NÃO Estacionárias
Média Móvel Simples (MMS)	✓			✓	
Média Móvel Ponderada (MMD)	✓	✓		✓	
Suavização Exponencial Simples (SES)	✓			✓	
Suavização Exponencial Dupla (Holt)	✓	✓		✓	
Suavização Exponencial Tripla (Holt-Winters)	✓	✓	✓	✓	
Auto Regressivos e de Médias Móveis (ARMA)	✓	✓	✓	✓	
Auto Regressivos Integrados e de Médias Móveis (ARIMA e SARIMA)	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Adaptado de Makridakis (1998).

Segundo Gooijer e Hyndman (2006) a contribuição dos métodos estatísticos mais simples, como os de média móvel e suas variações, quando utilizados por especialistas, na análise do mercado, podem ter resultado tão efetivos quanto os métodos mais sofisticados.

## 2.2. Modelos de previsão de demanda aplicados a séries temporais

São modelos de previsão de demanda, aplicadas a séries temporais estacionárias que são utilizados como métodos gerenciais de previsão de demanda. (CRUZ, 2016).

### 2.2.1. Média móvel otimizada

Segundo Tálamo (2021, p. 14), esse modelo de média móvel foi otimizado para a captação de um número maior de componentes da série temporal de dados, sendo que a modelação só pode ser feita a partir de um histórico de dados grande, com no mínimo 24 medições. A média móvel otimizada, tem como objetivo otimizar o modelo básico captando a componente cíclica da série de dados.

$$MM_x = \frac{VH_{i+0p} + VH_{i+1p} + \dots + VH_{i+kp}}{n_{VH}} \quad (1)$$

Onde:  $i$  – posição do período;  $p$  – Tamanho do período;  $k$  – Número de períodos, menos um;  $n_{VH}$  – Número de fatores somados.

$$f_p = \frac{MM_x}{VH_x} \quad (2)$$

Onde:  $f_p$  – Fator; MM – Média do período mais próximos selecionado na variação temporal; VH – Valor histórico correspondente ao ponto onde se calculou a média.

Os fatores respeitam a ciclicidade dos dados estudados e para obter as características daquele ciclo em específico temos de realizar o cálculo do fator ( $f_p$ ) para cada subgrupo do período, portanto são agrupados todos os fatores referentes a um mês específico aplicando a média sobre eles, resultando no fator médio ( $\bar{f}_p$ ) que é obtido para diferenciar as médias de cada posição do período no ciclo de interesse. Exemplificando, caso o período de interesse seja um ano e a varável de interesse sejam os meses, o fator médio demonstra o comportamento desse mês em relação aos demais.

$$P_{d_i} = \bar{f}_p VH_{i+kp} \quad (3)$$

Onde:  $P_{d_i}$  – Previsão da demanda; VH – Valor histórico correspondente ao ponto onde se calculou a média.

Conforme está disposto na equação (3) a componente de variação a longo prazo ( $\bar{f}_p$ ) tem o protagonismo no método de previsão, pois impacta diretamente no valor da previsão de demanda.

### 2.2.2. Tendência

Neste modelo temos como destaque as componentes da tendência secular e a variação sazonal, onde temos um foco na diferenciação de cada posição do período, porém essa diferenciação não foca na componente cíclica daquela posição específica no seu período de interesse, ou seja, a componente sazonal que destaca as mudanças no curto prazo é protagonista. Este método só pode ser aplicado em um grande histórico de dados, com no mínimo 24 medições. (LIMA et al., 2015). As equações matemáticas referentes a aplicação do método de previsão estão explicitadas na figura 3. Neste modelo é verificada uma função de 1º grau que será utilizada para determinação da demanda teórica, através dos índices  $a$  e  $b$  calculados a partir dos dados coletados (TÁLAMO, 2021).

Figura 3 – Tabela das equações do modelo de tendência

$D_{t_x} = a + bx$ (4)	$\bar{f}_i = \frac{(D_{t_{i+0p}})^{D_{h_{i+0p}}} + (D_{t_{i+1p}})^{D_{h_{i+1p}}} + \dots + (D_{t_{i+kp}})^{D_{h_{i+kp}}}}{n_f}$ (5)
$a = \bar{y} - b\bar{x}$ (6)	$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$ (7)
$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x + \sum y}{n}$ (8)	$S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$ (9)

Fonte: Tálamo, 2021.

Onde:  $D_{t_x}$  – Demanda teórica;  $D_{h_x}$  – Demanda Histórica;  $a$  – Coeficiente linear;  $b$  – Coeficiente angular;  $x$  – Posição na série temporal de dados;  $y$  – Demanda na série temporal de dados;  $n_f$ ,  $i$ ,  $k$ ,  $p$  – Possuem a mesma definição do modelo de média móvel otimizada;  $P_{dh_i}$  – Previsão da demanda.

O fator médio ( $\bar{f}_{i_i}$ ) pode ser chamado de componente sazonal. Ele é multiplicado ao valor da demanda teórica obtido pela equação (4), resultando na previsão de demanda no período desejado.

$$P_{dh_i} = \bar{f}_{i_i} D_{t_x} \quad (10)$$

### 2.2.3. Modelo de Holt-Winters multiplicativo

Segundo Feroni e Andeão (2017) o modelo Holt-Winters multiplicativo e aditivo de suavização exponencial tripla partem do modelo de suavização duplo, porém ele é capaz de captar as componentes de nível, tendência secular e sazonalidade utilizando 3 constantes ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), que possuem valores contidos entre 0 e 1.

“O modelo sazonal multiplicativo possui uma variação da amplitude do ciclo sazonal proporcional ao nível da série ao longo do período de tempo.” (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Na figura 4 estão destacadas todas as equações referentes aos cálculos das componentes do modelo Holt-Winters multiplicativo.

As equações (11), (12), (13) são utilizadas para estimar o nível, tendência e sazonalidade, respectivamente, a partir do valor das constantes que são responsáveis pelo peso relativo de cada estimativa. A equação (14) apresenta o fator  $\hat{Z}_{t+k}$  que é responsável por realizar as projeções futuras dessa série temporal  $k$  períodos a frente. Por se tratar do modelo multiplicativo as equações (11), (12), (14) apresentam relações de divisão e multiplicação. (LIMA et al., 2015).

Figura 4 – Tabela das equações do modelo de Holt-Winters multiplicativo.

$L_t = \alpha \frac{Z_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$ (11)	$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ (12)
$S_t = \gamma \frac{Z_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}$ (13)	$\hat{Z}_{t+k} = (L_t + kT_t)S_{t-s+k}$ (14)

Fonte: Lima et al., 2015.

Onde:  $L_t$  – Componente de nível;  $T_t$  – Componente de tendência;  $S_t$  – Componente de sazonalidade;  $\hat{Z}_{t+k}$  – Previsão para  $k$  períodos a frente;  $Z_t$  – Valor real observado no período de tempo  $t$ ;  $k$  – Quantidade de períodos futuros a serem previstos;  $s$  – Estação completa da sazonalidade.

Para a realização do cálculo desse modelo é necessário que sejam estimados os valores iniciais do nível ( $L_s$ ) do primeiro período.

$$L_s = \frac{1}{s}(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_s) \quad (15)$$

Além do nível temos que estimar o valor inicial da tendência ( $T_s$ ), utilizando pelo menos dois períodos completos.

$$T_s = \frac{1}{s} \left( \frac{Z_{s+1} - Z_1}{s} + \frac{Z_{s+2} - Z_2}{s} + \dots + \frac{Z_{s+s} - Z_s}{s} \right) \quad (16)$$

Por fim, devemos estimar o valor inicial para sazonalidade utilizando pelo menos

um período completo.

$$S_1 = \frac{Z_1}{L_s}, S_2 = \frac{Z_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Z_s}{L_s} \quad (17)$$

#### 2.2.4. Modelo de Holt-Winters aditivo

O modelo Holt-Winters aditivo, se assemelha ao modelo de previsão apresentado no capítulo anterior, por possuir as mesmas três constantes  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , que variam entre 0 e 1 e são capazes de influenciar o nível, a tendência e a sazonalidade da série temporal de dados, respectivamente. (LIMA et al., 2015).

O modelo sazonal aditivo é utilizado na modelagem de dados quando a amplitude da variação sazonal permanece constante ao longo dos períodos de tempo.” (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Na figura 5 estão destacadas todas as equações referentes aos cálculos das componentes do modelo Holt-Winters aditivo, como também a variável que demonstra como as componentes impactam na previsão da demanda.

Figura 5 – Tabela das equações do modelo de Holt-Winters aditivo

$L_t = \alpha(Z_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (18)$	$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (12)$
$S_t = \gamma(Z_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (19)$	$\hat{Z}_{t+k} = L_t + kT_t + S_{t-s+k} \quad (20)$

Fonte: Lima et al., 2015.

Onde:  $L_t$  – Componente de nível;  $T_t$  – Componente de tendência;  $S_t$  – Componente de sazonalidade;  $\hat{Z}_{t+k}$  – Previsão para k períodos a frente;  $Z_t$  – Valor real observado no período t; k – Quantidade de períodos futuros a serem previstos; s – Estação completa da sazonalidade.

Existem diferenças entre o modelo aditivo e multiplicativo na comparação de suas equações (18) e (11); (19) e (13); (20) e (14), onde os termos que possuem divisão e multiplicação são substituídos por termos com operações aditivas. A equação (12), usada no modelo anterior permanece a mesma para exprimir o comportamento da tendência. Para iniciar as previsões do modelo, é necessário estabelecer os valores iniciais de maneira análoga ao modelo de Holt-Winters Multiplicativo, utilizando as equações (15) e (16), para determinar o nível e a tendência, respectivamente. Porém, há uma diferença para estabelecer os valores iniciais da variável da sazonalidade ( $S_t$ ) usamos a equação (21). (LIMA et al., 2015).

$$S_1 = Z_1 - L_s, S_2 = Z_2 - L_s, \dots, S_s = Z_s - L_s \quad (21)$$

### 2.3. Método de avaliação dos modelos de previsão de demanda

De acordo com Lima et al. (2015) podemos avaliar o bom funcionamento de um modelo de previsão de demanda, através da comparação dos resultados da previsão calculada, com os dados reais, explicitando o erro relativo entre as medidas. Assim, podemos utilizar o desvio absoluto médio (Equação 22) que mede a acurácia da previsão pela média das magnitudes dos erros das previsões e o erro absoluto médio percentual (Equação 23).

$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| \quad (22)$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 \quad (23)$$

Onde:  $P_t$  – Previsão no período t;  $D_t$  - Demanda real no período t.

## 3. Metodologia e classificação da pesquisa

Esta pesquisa se classifica como exploratória, inserida em dois procedimentos sendo, um survey de corte transversal (qualitativo) e um estudo de caso (quantitativo). A metodologia de trabalho é constituída das seguintes etapas: (i) revisão bibliográfica; (ii) coleta de dados no ambiente externo (survey), (iii) coleta de dados no ambiente interno (estudo de caso), com aplicação dos métodos de previsão de demanda e cálculo dos erros de previsão, (iv) comparação entre os resultados dos métodos de previsão aplicados na empresa estudo de caso e o ambiente externo concorrente e (v) análise dos resultados obtidos. Foram realizadas duas frentes de coleta de dados, uma relativa à empresa do estudo de caso (quantitativo) e outra no mercado de empresas concorrentes (survey qualitativo). Desta forma buscou-se uma análise comparativa entre os métodos de previsão de demanda, na empresa do estudo de caso, e o método de previsão de demanda das empresas concorrentes.

### 3.1. Coleta de dados no ambiente externo – empresas concorrentes

A coleta de dados realizou-se a partir da aplicação de um questionário às empresas concorrentes no mercado. Nesse caso, os objetivos da aplicação do questionário são: (i) conhecer como os concorrentes aplicam os métodos de planejamento de suas demandas, (ii) qual método é aplicado, (iii) qual percentual de erro, (iv) de que maneira o planejamento da demanda impacta as demais áreas da empresa e, (v) se a empresa consegue prever satisfatoriamente os lucros. Sendo assim, esses objetivos

fundamentaram as perguntas que foram utilizadas no questionário aplicado às empresas do mercado concorrente.

Aplicou-se o questionário em um grupo de pequenas e microempresas não individuais, através do *google forms*, com o endereço eletrônico de acesso encaminhado por e-mail. Neste cenário realizou-se uma prospecção de empresas atuantes no ramo da construção civil na região metropolitana de São Paulo, pela plataforma SPEEDIO. Assim, a seleção das empresas aptas para o recebimento do questionário foi feita através de informações básicas e de livre acesso, como: *e-mail* ativo; estar caracterizada como empresa de pequeno porte (EPP) ou microempresa (ME) no cadastro da receita federal; não haver execução em processos de dívida ativa ou pedido de falência. Caso a empresa apresentasse os requisitos tratados na seleção ela foi considerada apta a participar da pesquisa.

### **3.2. Coleta de dados no ambiente interno e cálculo da previsão de demanda**

A coleta de dados no ambiente interno foi realizada para determinar a demanda existente, realizando um levantamento de dados dentro da empresa do estudo, cujo objetivo é aferir a demanda mensal de vendas executadas de 01/2018 a 06/2022. Nesse caso os dados obtidos foram corrigidos pelo IPCA anual, até terem a mesma base de comparação em 01/2018. Dessa forma os dados obtidos entre os períodos de 01/2018 e 12/2021 foram utilizados para alimentar os modelos de previsão de demanda e os dados contidos no período de 01/2022 e 06/2022, foram utilizados para determinar os erros desses modelos. Além disso foram estimados os erros da previsão de demanda praticada atualmente pela empresa estudada.

A pesquisa foi aplicada em uma empresa de pequeno porte que atua no mercado da construção civil e, portanto, para evitar discrepâncias realizadas por efeitos inflacionários teremos o volume de vendas corrigida pela inflação através do método do valor presente (equação 25).

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^t} \quad (25)$$

Onde: VF – Valor futuro; i – Taxa de juros; t – Períodos.

A partir dos dados obtidos na coleta de dados, no ambiente interno da empresa, foram aplicados os seguintes modelos de previsão de demanda: média móvel otimizado; tendência; Holt-Winters multiplicativo; Holt-Winters aditivo. (métodos quantitativos

adequados para a realização de projeções, a partir da análise de séries estacionárias de dados).

### **3.3. Modelo para estimar os erros de previsão**

Com o objetivo de viabilizar a comparação entre os dados coletados no ambiente interno, como também, no ambiente externo foram aplicadas as equações (22) e (23), referentes aos erros entre a previsão de demanda real e a calculada.

O questionário aplicado no ambiente externo da empresa, estima o erro absoluto médio percentual (EAMP), assim para obtermos o desvio médio absoluto (DAM), foi realizada a multiplicação do erro absoluto médio percentual pela média de vendas da empresa estudada.

### **3.4. Comparação entre os resultados dos métodos de previsão aplicados e o ambiente externo**

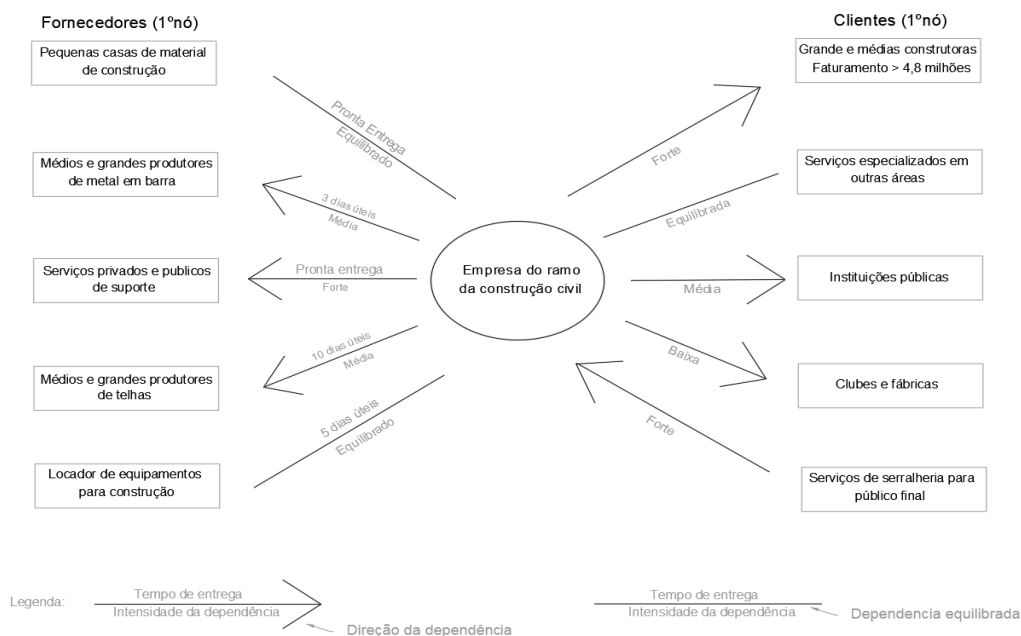
Por fim, realizou-se uma análise comparativa entre os resultados apresentados pelos métodos de previsão de demanda aplicados no ambiente interno da empresa, método de previsão de demanda praticado pela empresa estudo de caso e o resultado do questionário aplicado nas empresas do mercado concorrente (ambiente externo), destacado os pontos de convergência e discrepância entre os resultados obtidos.

## **4. Análise dos resultados**

O modelo de cadeia de suprimentos praticado pela empresa demonstra uma forte interdependência das pequenas e microempresas da região. Dessa forma, cada integrante da cadeia é responsável por uma pequena parte do valor agregado entregue ao cliente final.

A figura 6 apresenta a empresa do estudo de caso inserida dentro da sua cadeia de suprimentos demonstrando qual a dependência e tempo de entrega entre os clientes e fornecedores mais próximos.

Figura 6 – Cadeia de suprimentos



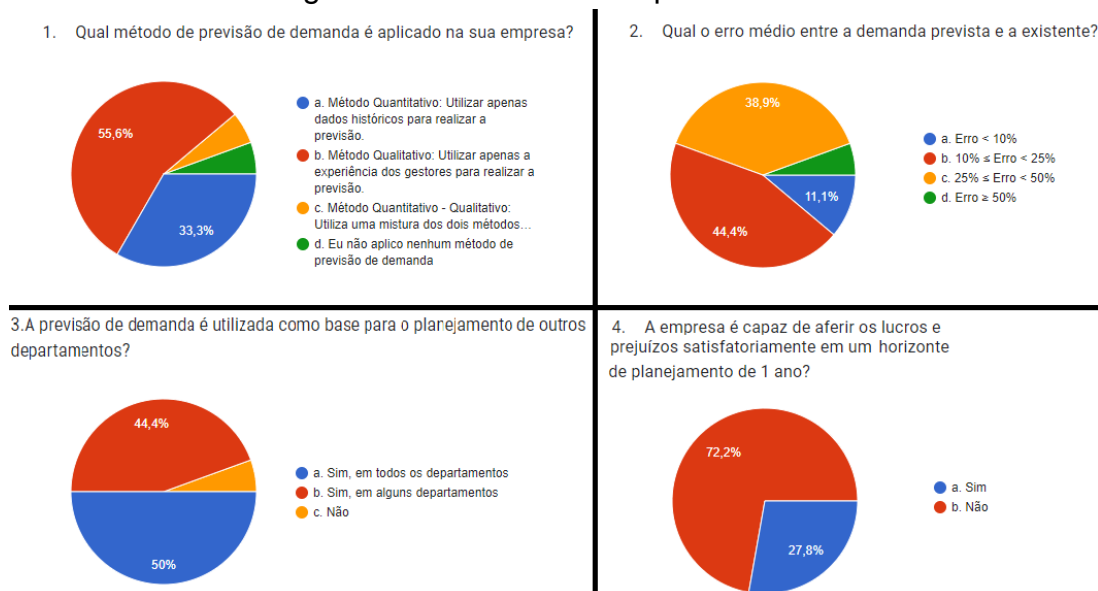
Fonte: Autor (2023).

Os critérios para estabelecer essa dependência foram os seguintes: Tamanho relativo entre as empresas; relevância no gasto mensal; tempo de entrega estabelecido em contrato de fornecimento. Atualmente, pelo fato da empresa estudo de caso possuir menor capacidade de mobilização de mão de obra e tecnológica em relação as grandes construtoras, é inviável a competição direta, conferindo uma forte dependência. Desta forma, as empresas pequenas e microempresas não individuais situadas na mesma região e que atuam no mesmo mercado, podem possuir condições semelhantes de competitividade e podem se encaixar de forma análoga na cadeia de suprimentos definida na figura 5.

#### 4.1. Resultado da coleta de dados no ambiente externo (mercado concorrente)

O modelo de triagem foi aplicado a um grupo de 350 CNPJs, onde as restrições descritas no capítulo de metodologia foram aplicadas, restando um total de 103 empresas aptas a responderem o questionário. Das 103 empresas contatadas 18 enviaram suas respostas. Na figura 7 estão explicitadas as perguntas do questionário, assim como a estatística das respostas. Os resultados obtidos demostram que o tipo de modelo de previsão de demanda adotado pelas empresas externas concorrentes, na maioria dos casos, é o qualitativo.

Figura 7 – Resultado dos questionários



Fonte: Autor (2023).

O erro absoluto médio percentual, segundo os dados observados na figura 5, está majoritariamente enclausurado entre 10% e 50%, assim através da equação (24), temos que a média do EAPM obtida é de 26,83%.

$$EAPM_{ext} = \frac{\overline{E}_1 P_1 + \overline{E}_2 P_2}{P_1 + P_2} \quad (24)$$

Onde:  $\overline{E}_1$  – Média da porcentagem do erro entre 25% e 10%;  $\overline{E}_2$  – Média da porcentagem do erro entre 50% e 25%;  $P_1$  – Empresas que se encontram com EAMP entre 25% e 10%;  $P_2$  - Empresas que se encontram com EAMP entre 50% e 25%;  $EAPM_{ext}$  – Erro absoluto percentual médio observado no ambiente externo.

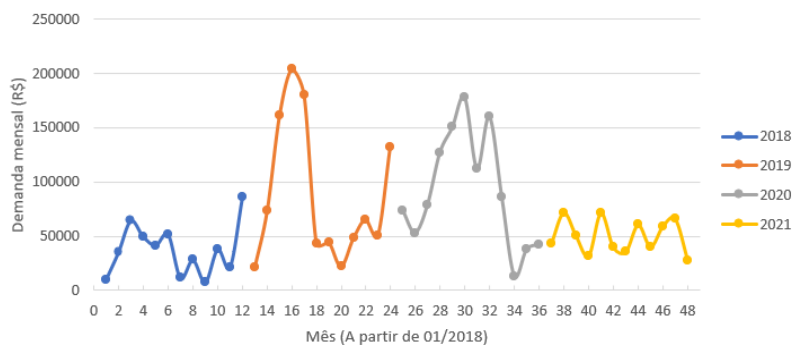
Com relação ao horizonte de planejamento a pesquisa demonstrou que as empresas têm dificuldade de realizar uma previsão de demanda em um horizonte de 1 ano, onde 72,2% não conseguem aferir se irão possuir lucros ou prejuízos neste período futuro.

#### 4.2. Resultados da coleta de dados no ambiente interno (empresa estudo de caso)

Para a aplicação do modelo de previsão de demanda levantou-se dados referentes a série histórica relativos às vendas realizadas. No período, o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), foi aplicado, corrigindo o efeito inflacionário conforme relatado no item 3.2.

O ano de 2018 possui a menor demanda mensal média, enquanto os anos de 2019 e 2020, possuíram meses com picos de venda que demonstraram aumento médio das vendas mensais em relação ao período anterior (figura 8).

Figura 8 – Dados históricos de demanda

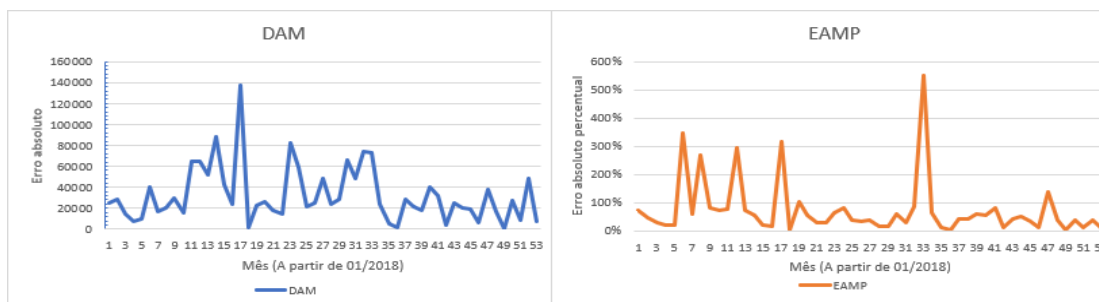


Fonte: Autor (2023).

No ano referente a 2021 a intensidade desses picos foi menor, conferindo a esse ano um montante de venda menor, porém mais equilibrado em relação aos demais. Um comportamento evidenciado pela série de dados históricos ano a ano é a marca sazonal, onde alguns meses possuem intrinsecamente valores maiores ou menores em relação aos demais.

O modelo de previsão de demanda praticado atualmente na empresa do estudo de caso possui características qualitativas, utilizando a demanda do mês anterior para prever a demanda do mês seguinte.

Figura 9 – Erros dos modelo de previsão praticado (EAMP e DAM)



Fonte: Autor (2023).

Esse modelo foi aplicado pela incapacidade da empresa em aferir, com alguma margem de segurança, a demanda em um longo período (1 ano), acarretando o encurtamento máximo do período de previsão (1 mês). Na figura 9, é demonstrado os erros EAMP e o DAM, para a previsão qualitativa, que em algumas ocasiões possuem um erro absoluto percentual maior que 300%. Assim, ao aplicar as equações (22) e (23), nos dados dispostos na figura 8, temos que:

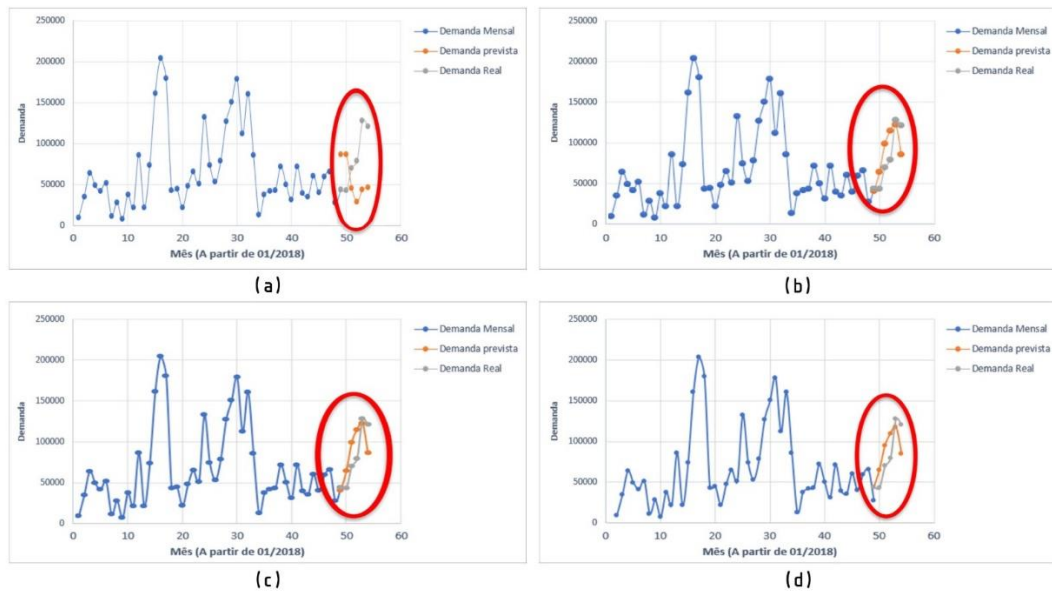
$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| = \frac{1706806,79}{53} = R\$ 32203,88$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 = \frac{38,55}{53} = 73\%$$

### 4.3. Resultados dos métodos de previsão de demanda

Os resultados obtidos através da aplicação dos métodos de previsão de demanda estão representados na figura 10.

Figura 10 – Gráfico dos resultados obtidos na aplicação dos modelos de previsão de demanda



Fonte: Autor (2023).

A aplicação do modelo de média móvel otimizado, demonstrado na figura 10a, parte da realização da média dos meses próximos temporalmente ao período de estudo, realizando uma divisão entre essa média com relação ao valor histórico observado naquele período. Esse fator  $f_p$  é responsável por captar e dimensionar a componente cíclica do modelo, e a média feita com esse fator agrupando os meses dos ciclos tenta inibir comportamentos fora do padrão. Observando a figura 10a, o gráfico demonstra que o modelo consegue capturar a componente de nível, porém a componente de tendência cíclica atrelada a incapacidade de exprimir o comportamento sazonal (ciclos de curto prazo), provocam uma previsão que demonstra uma contra fase em relação aos resultados observados na demanda real. Ao aplicar as equações (22) e (23), referentes ao desvio absoluto médio e o erro absoluto médio percentual, respectivamente, nos dados explicitados na figura 9a, temos que:

$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| = \frac{320752,7}{6} = \text{R\$ } 53458,79$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 = \frac{4,25}{6} \cdot 100 = 71\%$$

O modelo de tendência explicitado na figura 10b possui uma abordagem que evidencia o comportamento sazonal, a partir do produto de um fator médio e uma equação de primeiro grau ajustada para melhor explicar a tendência secular da série (equação 4). Nesse modelo o coeficiente  $a$  demonstra o nível inicial da série de dados e a componente  $b$  demonstra a tendência linear do comportamento da série de dados. Essa tendência é corrigida pelo fator  $\bar{f}_t$  que demonstra justamente a sazonalidade da série de dados (equação 5). O resultado demonstrado na figura 10b, demonstra que a priorização da componente sazonal trouxe uma melhora na captura das características da série temporal. Ao aplicar as equações (22) e (23), nos dados dispostos na figura 10b, temos que:

$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| = \frac{129755,25}{6} = \text{R\$ } 21625,88$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 = \frac{1,76}{6} = 29\%$$

O modelo Holt-Winters multiplicativo que aparece na figura 10c possui uma variável para cada componente da série temporal de dados e um parâmetro para estimar sua relevância na série. Dessa forma, esses parâmetros são estimados a partir de uma otimização, onde se busca o menor erro quadrático médio entre os dados históricos da demanda e as previsões intermediárias do modelo. Os parâmetros estimados para o modelo Holt-Winters multiplicativo ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) possuem todos os valores próximos a 0, o que demonstra um equilíbrio entre as características que descrevem o comportamento da série temporal neste modelo. Dessa forma, existe uma equiparação entre as três variáveis que descrevem o problema. O modelo, a partir da análise visual do gráfico da figura 10c, adere de maneira satisfatória a demanda real e ao aplicar as equações (22) e (23), nos dados representados na figura 9c, temos que:

$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| = \frac{129787,90}{6} = \text{R\$ } 21631,32$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 = \frac{1,76}{6} = 29\%$$

O modelo Holt-Winters aditivo demonstrado na figura 10d segue os mesmos princípios do modelo multiplicativo, porém se diferencia dele por tratar da sazonalidade de forma não proporcional em relação a demanda. A determinação dos parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  demonstrou que para atingir o menor erro quadrático médio todos os valores devem ser próximos a 0, porém diferente do modelo anterior o parâmetro  $\gamma$  é dez vezes menor que

os demais, assim destacando a influência das sazonalidades no modelo. Se atendo a análise gráfica visual da figura 10d, o modelo adere de forma satisfatória a demanda real, pois acompanha sua sazonalidade. Ao aplicar as equações (22) e (23), nos dados que estão expostos na figura 10d, temos que:

$$DAM_n = \frac{1}{n} \sum |P_t - D_t| = \frac{124712,32}{6} = \text{R\$ } 20785,39$$

$$EAMP_n = \frac{1}{n} \sum \frac{|P_t - D_t|}{D_t} \cdot 100 = \frac{1,64}{6} = 27\%$$

#### 4.4. Comparações e recomendações

A verificação da melhor maneira de se realizar a previsão de demanda entre os modelos aplicados deve conter critérios claros e objetivos, portanto, para compará-los serão utilizados o desvio absoluto médio e o erro absoluto médio percentual.

A figura 11 demonstra a comparação entre os modelos de previsão de demanda praticados pela empresa estudo de caso e os modelos de previsão aplicados pelas empresas que se posicionam de maneira análoga na cadeia de suprimento (empresas concorrentes), através do erro absoluto médio e o erro absoluto médio percentual. Dentre os métodos quantitativos, aquele que apresenta melhor aderência a base de dados é o método Holt-Winters aditivo, com erro absoluto médio percentual de 27%.

Figura 11 – Comparação das previsões de demanda

Método	DAM (R\$)	EAMP
Média móvel otimizada	53458,79	71%
Tendência	21625,88	29%
Holt-Winters multiplicativo	21631,32	29%
Holt-Winters aditivo	20785,39	27%
Método qualitativo Praticado internamente	32203,88	73%
Método qualitativo Praticado externamente	20411,73734	27%

Fonte: Autor (2023).

Quando são observados os erros relativos de forma comparativa vemos que a média móvel, possui um erro absoluto duas vezes maior que os demais métodos, sendo que esse é o único método que não traz a componente sazonal para o centro da sua análise de previsão de demanda. Existe também outra característica que destaca a necessidade de ser entendido o impacto da variável sazonal, pois ela é individualmente modelada nos parâmetros da aplicação do modelo Holt-Winters aditivo, onde a componente sazonal gama ( $\gamma$ ), que demonstra o impacto dessa componente no modelo de previsão, é menor

que as demais, e neste caso quando menor o valor, maior o impacto na previsão, destacando a importância desta componente (equação 19). Portanto, fica evidente que para melhor compreendermos a demanda interna é necessário o entendimento do comportamento das componentes que a formam, com destaque para a componente sazonal. Nenhum método aplicado conseguiu um erro absoluto médio percentual inferior a 25%, o que indica que independente do modelo quantitativo aplicado, existem variáveis que não são captadas pela série temporal de dados. A previsão demanda praticada em empresas que se posicionam de maneira semelhante na cadeia de suprimento possui um erro absoluto percentual médio de 27% e optam por praticar majoritariamente métodos qualitativos, enquanto a previsão praticada no ambiente interno da empresa possui 73%, utilizando também um método qualitativo. Neste cenário, os concorrentes possuem uma ampla vantagem com relação a capacidade de previsão de demanda.

A método quantitativo Holt-Winters aditiva, possui o mesmo erro absoluto percentual médio do método qualitativo praticado pelas empresas concorrentes, no ambiente externo da empresa, de 27%. Ao elencar do melhor ao pior método segundo os dois parâmetros avaliativos, temos que o método de previsão de demanda qualitativo praticado no ambiente externo possui um desempenho melhor no quesito desvio absoluto médio, com relação ao método de previsão de demanda Holt-Winters aditivo, por isso ele se situa na primeira colocação, porém os dois resultados obtidos são muito próximos, verificando a ambos os métodos capacidade preditiva semelhante. Para além disso, o modelo Holt-Winters é capaz de realizar uma previsão que mantenha o erro absoluto percentual médio sob controle em um horizonte de planejamento de um ano, pois é o período de interesse na previsão.

## **5. Conclusões e considerações finais**

Os métodos de previsão de demanda, como também, diversas atividades do planejamento e controle da produção possuem papel principal nas sobrevivências dos empreendimentos, uma vez que, orientam as diretrizes, prazos, objetivos, entre outras características da produção. Quando estes métodos de previsão de demanda são aplicados, nas micro e pequenas empresas, a precisão e assertividade das atividades de planejamento são ainda mais determinantes para sua competitividade. Dessa forma, o objetivo de verificar qual o melhor método de previsão de demanda, foi atingido. É importante salientar que os limites da pesquisa representam um recorte do mercado estudado, sendo direcionado às pequenas empresas do mercado da construção civil, na região metropolitana de São Paulo. Ao classificarmos os métodos de previsão de

demanda praticados no ambiente interno da empresa, estudo de caso, de acordo com os parâmetros descritos, temos como destaque negativo o método qualitativo e como destaque positivo o método de previsão de demanda Holt-Winters aditivo, que é capaz de se aproximar, do modelo qualitativo praticado pelas empresas do mercado concorrentes da cadeia de suprimentos, sendo recomendável a implementação deste modelo de previsão de demanda.

O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade dos autores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREASSI, T. **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

BARBOSA, C.; et al. **Cadeia de suprimentos e seu espaço dentro das organizações**. [s. l.]: Faef, 2012. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/vMcgckKop5OVXyxL\\_2013-5-10-11-11-23.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/vMcgckKop5OVXyxL_2013-5-10-11-11-23.pdf). Acesso em: 25 fev. 2022.

BASSI, R. E.; et al. **A utilização da previsão de demanda em uma distribuidora de temperos alimentícios**. SADSJ – South American Development Society Journal v.8, n.24, 2022.

CASA CIVIL. **Lei Complementar nº 139, de 6 de dezembro de 2006**. Brasília, 6 dez. 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm). Acesso em: 20 fev. 2022.

CRUZ, A. B. da. **Comparação entre modelos de previsão de demanda**: estudo de caso de um restaurante de comida japonesa. São Paulo: Capes, 2016. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DOS REIS, J. G. M.; et al. **Previsão de demanda no mercado de varejo: um estudo de caso em um comércio de baterias automotivas**. SADSJ – South American Development Society Journal. v.1, n.1, 2015.

FERONI, R. C; ANDREÃO, W. L. **Análise do modelo de Holt-Winters aplicado a uma série histórica de dados com tendência e sazonalidade**. São Paulo: Blucher, 2017.

FERRO, W. A.; et al. **Estudo bibliométrico e sistêmico da literatura sobre a integração de métodos quantitativos e qualitativos na previsão de demanda com ajuste de especialistas**. Pato Branco: EXACTA, p. 311-333, 2020. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 16 fev. 2022.

GONÇALVES, R. **Ciclo e tendência na construção civil**. São Paulo: FGV Projetos, Abril 2015. Disponível em: [https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/artigo\\_robson.pdf](https://fgvprojetos.fgv.br/sites/fgvprojetos.fgv.br/files/artigo_robson.pdf). Acesso em: 24 fev. 2022.

GOOIJER, J. G.; HYNDMAN, R. J. **25 Years of time series forecasting**. [s. l.]: International Journal of Forecasting, 2020. Disponível em: <https://robjhyndman.com/papers/ijf25.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2022.

LIMA, Marcos B. S. P.; et al. **Aplicação do modelo de previsão de demanda Holt-Winters em uma regional de corte e dobra de aço**. Fortaleza: Eneqep, 2015. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn\\_wic\\_206\\_219\\_28345.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_wic_206_219_28345.pdf). Acesso em: 24 fev. 2022.

LUSTOSA, Leonardo; et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda, 2008.

MADEIRA, Paulo Jorge. **Benchmarking: A ARTE DE COPIAR**. Portugal: Jornal do técnico de contas da empresa, 1999. Disponível em: <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/964/1/Benchmarking.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2022.

MAKRIDAKIS, S. G. WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Willey & Sons, 1998.

SANTOS, Valmir Cirilo Dos. **O planejamento e o gerenciamento econômico-financeiro como instrumentos de redução da mortalidade das micro e pequenas empresas** – estudo de caso: restaurante buongustaio. Dissertação (Mestrado) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3943/000313921.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 mar. 2022.

SEBRAE (Brasil). **Sobrevivência das empresas no Brasil**. Brasília: SEBRAE, outubro 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/sobrevivencia-das-empresas-no-brasil-102016.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

SEBRAE (Minas Gerais). **Planejamento para abertura de empresas**. Belo Horizonte: SEBRAE, 2013. Disponível em: [https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Gestao-e-Comercializacao-Como-elaborar\\_Planejamento-de-Abertura-de-Empresas.pdf](https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Gestao-e-Comercializacao-Como-elaborar_Planejamento-de-Abertura-de-Empresas.pdf). Acesso em: 02 ago. 2022.

SEBRAE (São Paulo). **Panorama dos pequenos negócios**. São Paulo: SEBRAE, 2018. Disponível em: [https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/SP/Pesquisas/Panorama\\_dos\\_Pequenos\\_Negocios\\_2018\\_AF.pdf](https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/SP/Pesquisas/Panorama_dos_Pequenos_Negocios_2018_AF.pdf). Acesso em: 28 mar. 2022.

TÁLAMO, Roberto. (2021). **Horizontes de planejamento** [Material de apoio à disciplina de planejamento e controle da produção]. Disponível em: <https://robertotalamo.wixsite.com/estg014/c%C3%B3pia-1%C2%BAq2021-1> Acesso

em: 30 fev. 2022.

WATSON, G; Paro, M. **Benchmarking estratégico**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1994.

WERNER, L. **Um modelo composto para realizar previsão de demanda através da integração da combinação e de previsões e ajustes baseados na opinião**. Doutorado. Porto Alegre: UFRGS, 2004.