

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

AMANDA FELLER

PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA EMPRESA DO RAMO DE REVESTIMENTOS  
CERÂMICOS: UMA AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS E  
ESTRATÉGIAS TOP-DOWN E BOTTOM-UP

Joinville

2021

AMANDA FELLER

PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA EMPRESA DO RAMO DE REVESTIMENTOS  
CERÂMICOS: UMA AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS QUANTITATIVAS E  
ESTRATÉGIAS TOP-DOWN E BOTTOM-UP

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel no Curso de  
Graduação em Engenharia de Transportes e  
Logística do Centro Tecnológico de Joinville da  
Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Dra. Francielly Hedler Staudt

Joinville

2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amados pais, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todo o curso, que são meus exemplos de determinação. Obrigada por nunca me deixarem faltar o essencial da vida, que é o amor. Sem vocês nada disso seria possível.

Ao meu irmão, Vini, que foi minha inspiração para cursar uma engenharia. Obrigada por cuidar tão bem de mim, ser tão presente em minha vida, e me ajudar sempre que preciso.

Agradeço a minha cunhada, Cris, que se tornou uma irmã para mim, por sempre me ouvir e me acalmar nos momentos de aflição e angústia.

Aos meus amigos, Léo e Gabi, por compartilharem este período junto comigo, pelas conversas longas, risos sem fim e por sempre estarem do meu lado e ajudarem a manter a cabeça no lugar quando mais pensava em desistir.

A todos os professores da UFSC Joinville que tive a oportunidade de conviver e que contribuíram para que eu chegasse até aqui, principalmente a professora Francielly, por ter aceito o convite de me orientar, por ter paciência e ter dedicado o seu tempo a me ajudar neste trabalho.

Os meus colegas de empresa que me deram a oportunidade de desenvolver este trabalho, sempre prestativos em tudo que eu precisasse e por me ajudarem todos os dias a ser uma profissional melhor.

Por fim, agradeço todos os que me ajudaram de alguma forma e torcem pelas minhas conquistas. Muito obrigada!

## RESUMO

A previsão de demanda tem papel fundamental em várias áreas de uma empresa, visto que auxilia na tomada de decisão mais assertiva, além de grande importância no planejamento da produção. Existem diversos métodos tanto quantitativos como qualitativos para estabelecer-se uma previsão de demanda, em que o maior desafio é prever com maior acuracidade possível. O processo de Planejamento de Vendas e Operações é uma metodologia essencial quando se trata de previsão de demanda já que tem como um dos principais propósitos alinhar a demanda com suprimentos para que não haja carência e nem excesso de produtos. Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar previsões utilizando métodos quantitativos para famílias de produtos e itens e fazer uma avaliação das estratégias top-down e bottom-up para uma empresa do ramo de revestimentos cerâmicos. Com a classificação da demanda e curva ABC, seleciona-se as cinco famílias que possuem demanda smooth e maior percentual de participação de vendas para realizar o estudo, e a partir dessas famílias foi escolhida duas para realizar as projeções dos SKU's. Em seguida, foi realizado uma avaliação dos métodos de previsão com base no erro percentual médio (MAPE). Os métodos quantitativos trouxeram resultados satisfatórios para as famílias, visto que, a média do MAPE para as cinco famílias utilizando os métodos quantitativos, ficou em 22%, e 24,2% pelo método utilizado pela empresa. Fazendo a avaliação das estratégias de previsão, a abordagem bottom-up obteve resultados de MAPE menores que pela abordagem top-down para as duas famílias analisadas, onde a média de diferença entre os erros pelas duas estratégias ficou em aproximadamente 18%.

**Palavras-chave:** Previsão de Demanda. S&OP. Planejamento da Produção. Acuracidade da previsão.

## ABSTRACT

Demand forecasting plays a fundamental role in several areas of a company, as it helps in more assertive decision-making, in addition to being of great importance in production planning. There are several methods, both quantitative and qualitative, to estimate a demand forecast, in which the biggest challenge is to forecast as accurately as possible. The Sales and Operations Planning process is an essential methodology when it comes to demand forecasting as one of the main purposes is to align demand with supplies so that there is no shortage or excess of products. Within this context, the present paper aims to perform forecasts using quantitative methods for families of products and items and to evaluate the top-down and bottom-up strategies for a company in the ceramic tile industry. With the classification of demand and ABC curve, the five families that have smooth demand and the highest percentage of sales share were selected to carry out the study, and from these families, two were chosen to carry out the SKU's projections. Then, an evaluation of the forecasting methods based on the mean percentage error (MAPE) was carried out. The quantitative methods brought satisfactory results for the families, since the average of the MAPE for the five families using the quantitative methods was 22%, and 24.2% for the method used by the company. Evaluating the forecasting strategies, the bottom-up approach obtained lower MAPE results than the top-down approach for the two analyzed families, where the average difference between the errors for the two strategies was approximately 18%.

**Keywords:** Demand forecasting. S&OP. Production Planning. Forecast Accuracy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de abordagem top-down.....	15
Figura 2 – Exemplo de abordagem bottom-up.....	15
Figura 3 – Balança entre oferta e demanda .....	20
Figura 4 – Etapas processo S&OP.....	21
Figura 5– Categorização de padrões de demanda.....	24
Figura 6 – Procedimento de desenvolvimento do trabalho.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cinco principais famílias para canal construção civil.....	42
Tabela 2 - Cinco principais famílias para canal exportação.....	42
Tabela 3 – Valores iniciais e convergência da média móvel ponderada para 30x60cm Bold ....	54
Tabela 4 - Valores iniciais e convergência da suavização exponencial para 30x60cm Bold.....	55
Tabela 5 - Valores iniciais e convergência do método de Brown para 30x60cm Bold.....	55
Tabela 6 - Valores iniciais e convergência do método de Holt para 30x60cm Bold.....	55
Tabela 7 - Valores iniciais e convergência do método de Holt-Winters para 30x60cm Bold.....	56
Tabela 8 – Média de erros das previsões para 30x60cm Bold.....	57
Tabela 9 – Método de previsão com menores MAPE para as famílias.....	57
Tabela 10 – Método de previsão com menores MAPE para os itens.....	58
Tabela 11 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Bold.....	59
Tabela 12 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Bold.....	60
Tabela 13 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Retificado.....	60
Tabela 14 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Bold.....	61
Tabela 15 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Retificado.....	61
Tabela 16 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Retificado.....	62
Tabela 17 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x120cm Corte.....	62
Tabela 18 – Previsão top-down - 30x60cm Bold.....	63
Tabela 19 – Comparação MAPE para estratégia top-down - 30x60cm Bold.....	64
Tabela 20 – Comparação método média móvel ponderada e da empresa - Item 1.....	64
Tabela 21 – Comparação método suavização exponencial e empresa - Item 1.....	65
Tabela 22 – Comparação método Holt-Winters e empresa - Item 2.....	65
Tabela 23 – Comparação método de Brown e empresa - Item 2.....	66
Tabela 24 – Estratégia Bottom-Up para família 30x60cm Bold.....	66
Tabela 25 – Correlação SKU's da família 30x60cm Bold.....	67
Tabela 26 – MAPE estratégia top-down família - 60x60cm Bold.....	67
Tabela 27 – MAPE estratégia top-down método empresa - 60x60cm Bold.....	67
Tabela 28 - Estratégia Bottom-Up - 60x60cm Bold.....	68
Tabela 29 – Correlação SKU's da família 30x60cm Bold.....	69

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Classificação da demanda – Canal construção civil.....	40
Gráfico 2 – Classificação da demanda – Canal exportação.....	40
Gráfico 3 – Realizado 80x80cm Retificado.....	43
Gráfico 4 – Classificação da demanda – Família 30x60cm Bold.....	44
Gráfico 5 – Classificação da demanda – Família 60x60cm Bold.....	43
Gráfico 6 – Análise outlier 30x60cm Bold.....	45
Gráfico 7 – Ajuste de outlier para família 30x60cm Bold.....	46
Gráfico 8 – Análise outlier 60x60cm Bold.....	46
Gráfico 9 – Ajuste de outlier para família 60x60cm Bold.....	47
Gráfico 10 – Análise outlier 60x60cm Retificado.....	47
Gráfico 11 – Ajuste de outlier para família 60x60cm Retificado.....	47
Gráfico 12 – Outlier do Item 3.....	48
Gráfico 13 – Ajuste de outlier para Item 3.....	48
Gráfico 14 – Outlier do Item 4.....	49
Gráfico 15 – Ajuste de outlier para Item 4.....	49
Gráfico 16 – Outlier do Item 5.....	49
Gráfico 17 – Ajuste de outlier para Item 5.....	50
Gráfico 18 – Outlier do Item 6.....	50
Gráfico 19 – Ajuste de outlier para Item 6.....	50
Gráfico 20 – Outlier do Item 7.....	51
Gráfico 21 – Ajuste de outlier para Item 7.....	51
Gráfico 22 – Outlier do Item 8.....	51
Gráfico 23 – Ajuste de outlier para Item 8.....	52
Gráfico 24 – Outlier do Item 9.....	52
Gráfico 25 – Ajuste de outlier para Item 9.....	52

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	11
1.2. OBJETIVOS.....	12
<b>1.2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>12</b>
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1. ESTRATÉGIAS DE PREVISÃO.....	14
2.2. PLANEJAMENTO DE VENDAS E OPERAÇÕES.....	18
<b>2.2.1. Etapas do processo de S&amp;OP .....</b>	<b>21</b>
2.3. PREVISÃO DE DEMANDA .....	22
<b>2.3.1. Classificação da demanda .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2. Métodos qualitativos de previsão de demanda.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3. Métodos quantitativos de previsão de demanda.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.3.1. Previsão Ingênua.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3.2. Média Simples.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3.3. Média Móvel.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3.4. Média móvel ponderada.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.3.5. Suavização exponencial.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.3.6. Média móvel dupla.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.3.7. Método de Brown.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3.8. Método de Holt.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.3.9. Método de Holt-Winters.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.4. Erros de previsão .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4.1. Erro médio (ME).....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4.2. Erro média absoluto (MAD).....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.4.3. Erro médio quadrado (MSE).....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.4.4. Erro percentual absoluto médio (MAPE).....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.4.5. U de Theil.....</b>	<b>35</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>4. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>38</b>

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA E PROCESSO DE PREVISÃO DE DEMANDA ATUAL.....	38
4.2. PROBLEMÁTICA E ESCOPO DO TRABALHO.....	39
4.3. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS.....	45
4.4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS DE PREVISÃO.....	53
4.5. AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS DE PREVISÃO.....	56
<b>5. ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
5.1. ANÁLISE DE RESULTADOS DAS PREVISÕES DAS FAMÍLIAS.....	59
5.2. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS TOP-DOWN E BOTTOM-UP.....	64
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE F.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>87</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A previsão de demanda tem um papel importante em diversas áreas de uma organização, principalmente no sistema produtivo da empresa, visto que decisões relevantes podem se subordinar a esta previsão (ZAN; SELLITTO, 2007). Segundo Angelo et al. (2010), prever é uma atividade contínua nas organizações, visto que a antecipação de situações faz com que as empresas possam planejar melhor seus processos e assim atender os interesses dos consumidores de forma mais precisa.

Além disso, a previsão de demanda pode ser considerada um importante suporte na tomada de decisões, que engloba o gerenciamento de processos das organizações com o objetivo de estimar a demanda futura de vendas a partir de informações históricas e o estudo do ambiente atual, formando assim a base para as decisões gerenciais, logísticas e gerenciamento da cadeia de suprimentos (BORSATO; CORSO, 2019).

Conforme Santos et al. (2018), prever o comportamento do mercado consumidor é uma tarefa muito difícil de executar, por isso, aquelas empresas que possuem um portfólio de produtos muito diversificado convivem diariamente com problemas relacionados a gestão de estoques, previsão de demanda e planejamento e controle da produção. Por isso, a gestão da demanda na cadeia de suprimentos vem sendo cada vez mais utilizada dentro das empresas em razão da necessidade de rapidez e adequação ao que o mercado exige.

A previsão de demanda é vital para a empresa, visto que possibilita a entrada básica para o controle e planejamento de todas as áreas funcionais, como Logística, Marketing, Produção e Finanças, pois, os níveis e o momento em que ocorre demanda acabam afetando os índices de capacidade, as necessidades financeiras e a estrutura geral de qualquer organização (BALLOU, 2006).

Segundo Ivanov, Tsipoulanidis e Schönberger (2017), boas previsões de demanda podem se tornar uma vantagem competitiva para as empresas, além de poder ser útil para analisar áreas de melhoria. No entanto, eles afirmam também que as previsões quase sempre estão erradas, visto que as operações são complexas e a demanda pode mudar sem aviso, o que acaba causando muitas vezes efeitos tardios, dificultando assim a reação dos gerentes de operações.

De acordo com Pedroso e Silva (2015), o processo de Planejamento de Vendas e Operações (S&OP - Sales and Operations Planning) é o responsável por avaliar e revisar as

projeções de demanda, levando em consideração o tempo de demanda, suprimentos, produtos, projetos e planos financeiros, tendo como objetivo final alinhar a demanda e os suprimentos.

Diante deste cenário, uma previsão de demanda bem estruturada pode trazer muitos benefícios a uma empresa. Este trabalho tem como objetivo aplicar diferentes métodos de previsão de demanda quantitativos e estratégias top-down e bottom-up que possam auxiliar na geração das previsões para uma empresa do ramo de revestimentos cerâmicos que utiliza a metodologia do S&OP para gerar os planos de vendas. Assim, são realizadas comparações entre o modelo de previsão utilizado pela empresa atualmente com os métodos quantitativos de previsão para as famílias e itens selecionados, além de realizar uma avaliação das estratégias de previsão top-down e bottom-up.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

De acordo com Peixoto e Pinto (2006), quando há previsões mal estruturadas as empresas podem tomar decisões ruins, comprometendo assim seu desempenho frente ao mercado. Prever demanda é algo cada vez mais complexo, no entanto serve como base para as principais decisões estratégicas de diversos setores da empresa. Ter um método de previsão de demanda assertivo é fundamental para competir em um mercado cada vez mais competitivo (BONOTTO; FOGLIATTO, 2015). Mas, vale destacar que mesmo com os avanços tecnológicos e técnicas matemáticas as previsões de demanda não são uma ciência exata (TUBINO, 2007).

Em muitas previsões há disparidade entre o que foi planejado e a realidade, sendo muito difícil uma previsão totalmente correta (PEIXOTO; PINTO, 2006). De acordo com Samohyl, Souza e Miranda (2008), a discrepância pode ser verificada na falta de capacidade produtiva e falta de materiais, resultantes de uma previsão pessimista, ou então no excesso de capacidade produtiva e materiais, resultante de uma previsão otimista

Segundo Cavalheiro (2003), quando as previsões de demanda são baseadas em métodos que refletem melhor a realidade há a possibilidade de ter informações mais precisas sobre o comportamento de um produto, e com isso, as decisões baseadas nas previsões. Informações de demanda futura que não são confiáveis podem acarretar em grandes prejuízos ou perdas de oportunidade de negócio, visto que, decisões equivocadas que não reflitam o desejo de consumo dos clientes podem ser tomadas.

Quando há um planejamento de demanda eficaz e baseado nas estratégias da empresa, o desenvolvimento e o crescimento da empresa no mercado é impulsionado, além de tornar-se

referência em qualidade e excelência. Com base nas dificuldades levantadas pelos autores, estudos voltados para a melhoria das previsões de demanda são pertinentes. Assim, o presente trabalho visa realizar um estudo em relação a métodos quantitativos de previsão de demanda e estratégias de previsão que possam aumentar a acuracidade de famílias e SKU's de uma empresa do ramo de revestimentos cerâmicos.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar a acuracidade do processo de previsão de demanda de uma empresa do ramo de revestimentos cerâmicos com outras técnicas quantitativas de previsão com a finalidade de propor melhorias no processo e avaliar as estratégias de previsão top-down e bottom-up.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Levantar os métodos de previsão por séries temporais existentes na literatura, assim como as metodologias e estratégias de aplicação;
- Identificar o processo de previsão de demanda realizado pela empresa foco do estudo;
- Aplicar métodos de previsão de demanda estatísticos baseado em séries temporais para as famílias e itens selecionados;
- Comparar a acuracidade da previsão da empresa com os métodos testados neste trabalho;
- Identificar as estratégias de previsão de demanda e métodos mais acurados que podem ser implementados na empresa para as famílias e itens avaliados;

## 1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em seis capítulos. Inicia-se por este capítulo de introdução ao tema, onde permitiu que o leitor pudesse entender sobre a problemática, apresentando uma justificativa para o desenvolvimento desta pesquisa, além de orientá-lo por meio dos objetivos.

No segundo capítulo realiza-se o levantamento do referencial teórico sobre assuntos relevantes ao tema em questão. É discorrido sobre estratégias de previsão de demanda, o processo de Planejamento de Vendas e Operações (S&OP), além de métodos e medida de erros de previsão.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa é apresentada no terceiro capítulo. Aqui é explicado como foram coletados os dados que posteriormente foram utilizados para os cálculos no decorrer do estudo de caso assim como os próximos passos a serem seguidos.

No capítulo quatro é apresentado o estudo de caso, listando as etapas do desenvolvimento do trabalho até a obtenção da previsão de demanda tanto para as famílias como para os itens das famílias selecionadas, a realização das análises e tratamentos dos dados e a avaliação dos métodos quantitativos de previsão.

Após o tratamento e análise dos dados, o quinto capítulo apresenta uma análise sobre os resultados alcançados das previsões de demanda, assim como os comparativos com o método utilizado pela empresa.

Por último, o capítulo seis traz as considerações finais, com a conclusão a respeito de todo o trabalho, e também sugestão para trabalhos futuros.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O bom funcionamento da empresa está intimamente ligado a uma previsão de demanda bem estruturada. Segundo Werner (2004), a demanda pode ser definida como sendo a quantidade de determinado produto ou serviço que um consumidor irá adquirir, em determinado período de tempo e em certa área geográfica.

Existem muitas técnicas de previsão que vêm sendo aplicadas aos mais diversos segmentos dos mercados de bens e serviços. Os métodos de previsões podem ser divididos em qualitativos ou quantitativos. As previsões qualitativas são advindas do julgamento e opinião de especialistas ou de pessoas que por experiência ou conhecimento adquirido possam gerar previsões de vendas para um período futuro. Já para as previsões quantitativas são utilizados modelos matemáticos (ZAN; SELLITTO, 2007).

A utilização direta de um método é a forma mais comum para se realizar as previsões de demanda, e com esses resultados fazer o planejamento da produção. No entanto, quando há muitas unidades de manutenção de estoque (SKU's) este processo se torna mais complexo. Para auxiliar neste processo existem metodologias, como o Planejamento de Vendas e Operações (S&OP).

Neste contexto, as próximas seções abordam tópicos relacionados as principais estratégias para previsão de demanda de inúmeras famílias e itens, detalhando na sequência o processo de S&OP. Por fim, apresentam-se os principais métodos de previsão de demanda quantitativos, com o intuito de proporcionar embasamento teórico para melhor entendimento do estudo de caso.

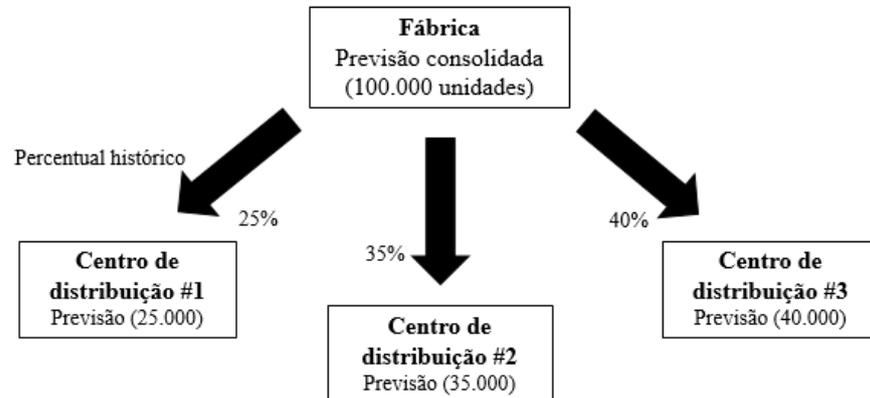
### 2.1. ESTRATÉGIAS DE PREVISÃO

A previsão de demanda é usualmente dividida seguindo duas abordagens, top-down e a bottom-up. Segundo Lapede (2006), na abordagem top-down é realizada a previsão primeiramente de um grupo agregado, e, em seguida, é desagregado a previsão resultante para previsões de cada item individual. O grupo pode ser considerado qualquer tipo de agregação, como, canais de vendas, regiões geográficas ou famílias de produtos.

De acordo com Ferreira (2006), a abordagem top-down consiste no desenvolvimento de previsões que são baseadas no histórico de vendas consolidadas, isto é, quando se faz a previsão baseada no realizado de várias unidades de manutenção de estoque (SKU's), do inglês

stock keeping units. A Figura 1 representa o funcionamento de uma abordagem top-down segundo Ferreira (2006).

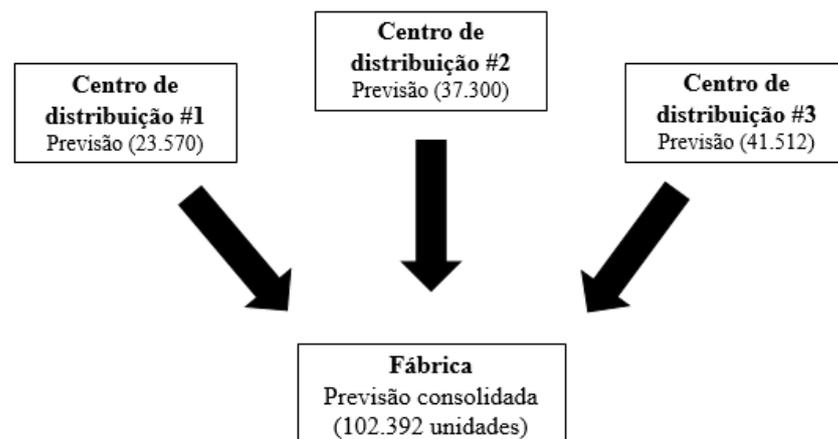
Figura 1 - Exemplo de abordagem top-down



Fonte: adaptado de Ferreira (2006, p.155).

Já na abordagem bottom-up, de acordo com Lapide (2006), a previsão é feita individualmente para cada item, e posteriormente, somada para que se obtenha a previsão para um determinado grupo agregado. Ele afirma que esse tipo de abordagem é melhor empregado em casos onde os componentes individuais apresentam diferentes padrões de variação. Ferreira (2006), sugere a Figura 2, para ilustrar uma abordagem bottom-up de previsão de demanda.

Figura 2 - Exemplo de abordagem bottom-up



Fonte: adaptado de Ferreira (2006, p. 156).

De acordo com Ferreira (2006) a escolha da melhor abordagem tem impactos operacionais e estratégicos para a empresa. De modo geral, as empresas optam pela estratégia

que aumentem a acurácia das previsões, mas outros fatores também são levados em consideração, como: o custo de implementação e operação e o efeito portfólio. O custo pode ser entendido como sendo: tempo, salário de pessoas envolvidas no processo, entre outros.

Ferreira (2006), divide os custos em: (i) armazenamento de dados, (ii) tempo requerido para o cálculo e (iii) utilização de recursos computacionais. O custo de armazenamento de dados pode ser calculado pelo custo do espaço de armazenamento e pelo esforço na atualização dos dados, em que o segundo é visto como mais importante, pelo fato de envolver sistemas e pessoas. Do ponto de vista do armazenamento de dados a abordagem top-down é menos vantajosa que a bottom-up, visto que é necessário, além da série histórica dos itens individuais (única informação da estratégia bottom-up), da previsão da família e do percentual que o item representou na família. Para a atualização dos dados caso não seja necessário atualizar todos os percentuais de participação dos itens pela abordagem top-down, ela se torna melhor, mas caso essa atualização seja mensalmente ambas as abordagens demandarão o mesmo esforço por precisarem desta atualização de percentuais todos os meses, o Quadro 1 apresenta um resumo da comparação dos custos de armazenagem (FERREIRA, 2006).

Quadro 1 – Comparação do custo de armazenamento de dados (menor custo)

	<b>Espaço de armazenamento</b>	<b>Atualização de informações</b>
<b>Vendas % estáveis por SKU</b>	Bottom-up	Top-Down
<b>Vendas % instáveis por SKU (revisão periódica)</b>	Bottom-up	Não há diferença entre as abordagens

Fonte: Ferreira (2006, p. 157)

O custo requerido para cálculo pode ser avaliado de acordo com o número de operações matemáticas até chegar a previsão de vendas de cada produto. Para a abordagem top-down é necessário um cálculo para prever a demanda das famílias e posteriormente o cálculo de cada SKU, onde é multiplicado pelo percentual de participação. Já para a estratégia bottom-up realiza-se o cálculo de previsão de vendas para cada SKU. Assim sendo, quando não é necessário atualizar os percentuais de participação a abordagem top-down é mais vantajosa, caso contrário, o número de operações matemáticas seriam basicamente os mesmos, o Quadro 2 apresenta um resumo do tempo requerido para o cálculo (FERREIRA, 2006).

Quadro 2 – Comparação do tempo requerido para cálculo (menor tempo)

	<b>Tempo requerido para cálculo</b>
<b>Vendas % estáveis por SKU</b>	Top-down
<b>Vendas % instáveis por SKU (revisão periódica)</b>	Não há diferenças entre as abordagens

Fonte: Ferreira (2006, p. 159)

Por último, o custo de utilização de recursos computacionais diz respeito aos acessos ao disco rígido do computador, como é um valor difícil para avaliar é seguido a regra em que para a abordagem bottom-up é necessário acessar um número maior de vezes o disco rígido, assim tem maior custo (FERREIRA, 2006).

Já o efeito portfólio, refere-se à correlação entre as séries de vendas. Uma série de vendas de uma família de produtos que tenha alta correlação positiva entre os produtos possui uma variância maior o que a soma das variâncias das séries de vendas de cada item, com isso, o erro de previsão pela abordagem top-down será maior do que pela abordagem bottom-up. No caso de forte correlação negativa, o inverso é observado, o erro para abordagem top-down é menor do que a bottom-up. Ou seja, para calcular a previsão de demanda, a abordagem bottom-up apresenta melhores resultados para séries positivamente correlacionadas e a abordagem top-down para séries negativamente correlacionadas (FERREIRA, 2006).

De acordo com Gelly (1999), os produtos que possuem muitas ações de marketing ou que possuem uma demanda instável ao longo dos anos, não possuem boa aderência a estratégia top-down. Além disso, a abordagem top-down pode ser influenciada por pressões da alta gerência dentro das organizações e também pelas metas comerciais impostas. Isto é, como a previsão é feita de modo agregado pode haver pressão para alterar o percentual de um determinado item individual que tenha metas mais fáceis de serem alcançadas ou até mesmo, que possui maior rentabilidade para a empresa. O problema está no fato de que assim a demanda está sendo forçada e pode não ser suportada visto que o percentual de participação dos itens ao longo do tempo já incorpora as oscilações regulares de uma série, como por exemplo, a sazonalidade (GELLY, 1999).

A estratégia bottom-up também é discutida por Gelly (1999), onde para ele essa abordagem em geral necessita maior integração entre previsores e pessoal de campo, o que ocasiona maior complexidade ao processo, visto que a troca de informações é dificultada pelas

restrições de tempo. Outra questão levantada é a escassez das informações e dados para o nível de menor agregação.

De acordo com Siqueira (2008), vale o questionamento sobre até que ponto as ações de marketing podem gerar influência em uma abordagem top-down ou bottom-up, visto que não importa se de forma diluída ou condensada, os impactos destas ações serão sentidos. Além disso, as empresas não conseguem definir a priori qual a melhor estratégia a ser utilizada, pois, para saber é necessária realizar as previsões pelas duas abordagens e assim obter a que origina os menores erros. Isto provocaria maior complexidade ao processo, tomando tempo e gerando retrabalho.

No entanto, Ferreira (2006), acredita que a estratégia top-down tende a ter resultados mais precisos, mas como a abordagem bottom-up é realizada de forma individual consegue identificar padrões de demanda que podem estar obscurecidos pela série agregada. O autor defende que para decisões estratégicas e orçamentárias a abordagem top-down tende a ser priorizada, visto que ajuda na visão macro do ambiente. Já para planejamentos operacionais abordagem bottom-up é preferida. Por fim, o autor considera que as empresas devem escolher a melhor estratégia relacionando a utilização da previsão e não somente levando em consideração o comportamento dos dados.

Conforme analisado, existem diversos aspectos positivos e negativos em cada uma das estratégias, com isso as empresas devem ter clareza dos objetivos da utilização da previsão de demanda para assim escolher a abordagem mais vantajosa. Além das estratégias de previsão de demanda o Planejamento de Vendas e Operações (S&OP) é uma importante metodologia para aumentar a eficiência do processo de previsão de demanda. Nas próximas seções são abordados temas relacionados a essa metodologia.

## 2.2. PLANEJAMENTO DE VENDAS E OPERAÇÕES

Um desafio importante a ser enfrentado pelas empresas nos dias atuais é a necessidade de construir uma sincronia entre demanda e suprimentos. Com isso, o S&OP é uma metodologia que busca enfrentar esse problema avaliando e revisando as projeções, levando em consideração o tempo para demanda, suprimentos, projetos estratégicos e planos financeiros da empresa, com o objetivo final de alinhar demanda e oferta. (PEDROSO; SILVA, 2015).

O S&OP busca aprimorar o processo de planejamento de demanda por meio da integração vertical entre os níveis de decisões diferentes, estratégico e operacional, e integração horizontal entre decisões de mesmo nível, só que de diferentes áreas da empresa. Assim, garante

que todas as informações disponíveis para o planejamento de demanda sejam compartilhadas e utilizadas por meio da interação entre as diferentes áreas funcionais (FERREIRA, 2006).

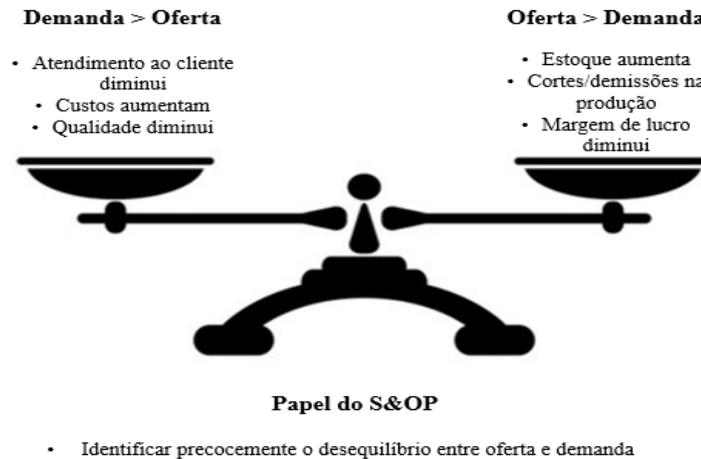
O Planejamento de Vendas e Operações é um processo para desenvolver planos táticos, a fim de proporcionar a administração da empresa a capacidade de direcionar seus negócios de forma estratégica e com isso obter vantagem competitiva. É realizado ao menos uma vez por mês e revisado pela gerência em um nível agregado (família de produtos). Concilia todos os planos de oferta, demanda e de novos produtos em níveis mais agregados e vincula a todos os planos de negócios (APICS Dictionary, 2013).

O processo de S&OP é de grande valia para as empresas visto que a sua finalidade é desdobrar os planejamentos estratégicos da empresa em planos táticos, que sejam integrados com diversas áreas. (BAGNI; MARÇOLA, 2019). O principal desafio do S&OP é equilibrar a demanda com suprimentos, para que não haja falta ou excesso de produtos (BARBEIRO, 2005).

Por meio do S&OP, logística e vendas negociam e coordenam para obter bons volumes de produção no mix de produtos da empresa. A logística garante estoques suficientes de produtos acabados e o comercial se empenha para aumentar as vendas e controlar o mix. O objetivo do S&OP é fazer uso de forma eficiente da capacidade de produção disponível, para melhor responder à demanda do mercado. A utilização incorreta da capacidade pode impedir a empresa de conquistar alguns mercados ou no sentido inverso, o uso excessivo pode causar maiores gastos e grandes estoques, caso a demanda for superestimada (LAHLOUA; BARKANY; KAHLFI, 2018).

A oferta e a demanda devem estar equilibradas a todo momento, visto que isso é essencial para o funcionamento eficaz do negócio. Conforme ocorre a variação da demanda e capacidades dos recursos, devem ser ajustados os planos para assim garantir que eles suportem a realidade da demanda e oferta que os cercam (APICS, 2016). Assim sendo, o S&OP aparece como peça fundamental nesse processo, pois consegue verificar rapidamente as lacunas na demanda e fornecimento. A Figura 3 apresenta uma ilustração da balança que deve ocorrer entre demanda e oferta e o papel do S&OP.

Figura 3 - Balança entre oferta e demanda



Fonte: adaptado de APICS (2016, p. 12).

O processo de S&OP está ligado a importantes processos do Planejamento e Controle da Produção (PCP). O PCP depende do planejamento da demanda para associar todas as fontes de demanda às capacidades de produção, previsões e pedidos de clientes. Além disso, o planejamento de recursos de logística fornece informações para o S&OP sobre a capacidade dos recursos de distribuição, para que haja a movimentação e armazenagem de produtos no estoque de maneira que possa atender o cliente (APICS, 2016).

Segundo Correa, Gianese e Caon (2001) *apud* Arozo (2006), o processo de S&OP tem objetivos que podem caracterizá-lo, que são:

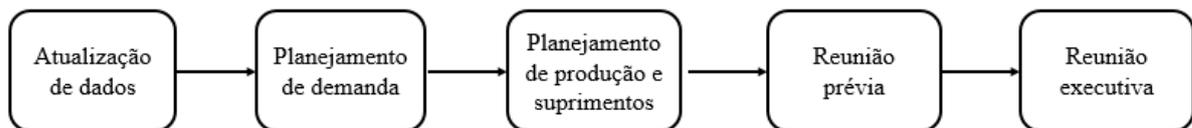
1. Sustentar o planejamento estratégico da empresa por meio de análises periódicas, a fim de garantir que ele está sendo cumprido e é viável;
2. Garantir que os planos operacionais estejam dentro da realidade da empresa;
3. Gerenciar mudanças de forma eficaz;
4. Gerenciar os estoques finais e carteira de pedidos para que seja garantido o desempenho das entregas;
5. Avaliar o desempenho do processo de planejamento de vendas e estoque;
6. Desenvolvimento de trabalho em equipe para que cada departamento participe do planejamento global da empresa.

A partir do entendimento dos objetivos do Planejamento de Vendas e Operações (S&OP), a próxima seção aborda sobre as etapas do processo desta metodologia para que se tenha entendimento de como são gerados os planos de vendas para a empresa fazendo uso

### 2.2.1. Etapas do processo de S&OP

Segundo Wallace e Stahl (2008) *apud* APICS (2016), o processo de S&OP apresenta cinco etapas, na Figura 4 é apresentado o fluxograma de como devem ser seguidas estas etapas.

Figura 4 – Etapas processo S&OP



Fonte: adaptado de Wallace e Stahl *apud* APICS (2016).

A primeira etapa diz respeito ao levantamento de dados, onde há a atualização de dados dos resultados dos meses anteriores, como vendas reais, estoques, produção e carteira de pedidos. Além da geração das informações necessárias para calcular a previsão de vendas e disseminação das informações (WALLACE; STAHL, 2008 *apud* APICS,2016).

De acordo com Ávila *et al.* (2019), a segunda etapa é chamada de planejamento de demanda, onde tem como resultado o plano de vendas da empresa. Seu objetivo é a elaboração de um plano de vendas tentativo que indicará o que a empresa irá vender ou oferecer aos seus consumidores. Uma das necessidades é atender aos requisitos de todas as áreas que fazem uso da previsão de vendas (AROZO, 2006).

Na terceira etapa, os planos de suprimentos são revisados conforme o plano de vendas gerado na etapa anterior. São levantadas as restrições para o atendimento integral da previsão de vendas, tanto relativo à capacidade fabril, como à entrega de produtos comprados (BAGNI; MARÇOLA, 2019). As principais atividades envolvidas estão relacionadas a revisão das previsões da segunda etapa e, a modificação dos planos de produção, levando em consideração as previsões (WALLACE; STAHL, 2008 *apud* APICS, 2016).

Segundo Bagni e Marçola (2019) a quarta etapa do processo é a reunião com todo o time S&OP, a equipe de suprimentos, constituída pelos supervisores de compras, planejamento da produção e logística, e são apresentadas as restrições observadas. São propostas soluções e alternativas pelo time de suprimentos e vendas, levando em consideração os impactos no faturamento. Juntamente com esta etapa, são discutidos o plano de suprimentos, onde são analisados diversos cenários e os benefícios de cada um deles.

Por fim, a última etapa do processo é a Reunião Executiva. Nesta etapa, são apresentados a alta gerência os principais resultados do mês anterior, como também os riscos para os meses futuros (Wallace e Stahl, 2008 *apud* APICS, 2016). Os cenários propostos na etapa anterior são debatidos, especialmente se houver impacto significativo no resultado da empresa (BAGNI; MARÇOLA, 2019).

### 2.3. PREVISÃO DE DEMANDA

A previsão de demanda é usada para a empresa ter o controle e o planejamento de operações, é preciso que esses dados estejam disponíveis de forma que possam ser traduzidos em itens específicos de matéria-prima, tempo em equipamentos e mão-de-obra (MANCUZO, 2003).

Segundo Pellegrini e Fogliatto (2001), a previsão de demanda pode ser feita por meio de métodos quantitativos, qualitativos ou mistos. Os métodos quantitativos são aqueles que são baseados em séries temporais, ou seja, dados que descrevem como a demanda se comporta ao longo de um período de tempo. Já os métodos qualitativos são baseados em opiniões de especialistas, o que pode afetar a confiabilidade dos resultados, uma vez que previsão pode sofrer vieses.

A previsão de demanda está diretamente ligada ao planejamento de produção, visto que é preciso conciliar o fornecimento dos produtos com a demanda. É imprescindível determinar o que, quanto e quando produzir para que os consumidores sejam atendidos de forma satisfatória (CAVALHEIRO, 2003). Existem muitos métodos, tanto quantitativos como qualitativos para gerar previsão de demanda. O conhecimento das pessoas pode agregar análises que nenhuma técnica matemática consegue verificar. Por outro lado, as previsões quantitativas conseguem analisar todo histórico de demanda e obtêm correlações nos dados históricos de modo mais eficiente (STAUDT, 2011).

Por mais imprecisa que seja a previsão, é fundamental determinar o quanto a empresa planeja vender, pois, já serve como ponto de partida. (MANCUZO, 2003). No entanto, já se sabe que a aplicação correta de determinadas técnicas quantitativas de séries temporais de previsão de demanda, podem aumentar a precisão das previsões do mercado pela metade (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

Assim sendo, prever é uma atividade constante em todas as empresas. Antecipar situações faz com que as organizações consigam planejar seus sistemas para que com isso consigam atender seus consumidores de forma adequada. Diversas técnicas são utilizadas para

realizar a previsão de demanda, a classificação da demanda, apresentada na próxima seção, auxilia no momento de decisão de quais técnicas de previsão poderão ser empregadas.

### 2.3.1. Classificação da demanda

Syntetos, Boylan e Croston (2005), explicam que a seleção do método de previsão de demanda é facilitada de acordo com a classificação da demanda. Caso a demanda de um item ocorra em todos os períodos e seja razoavelmente em uma quantidade constante não haverá problemas para realizar a previsão (SYNTETOS, 2001)

A classificação da demanda pode ser caracterizada em quatro tipos (SYNTETOS, BOYLAN; CROSTON, 2005):

- Intermittent (intermitente): onde há pouca frequência de ocorrência de demanda. Este tipo de demanda também é conhecida como esporádica;
- Erratic (errática): está associada a uma alta variabilidade na quantidade, ou seja, a frequência com que a demanda ocorre é regular;
- Lumpy (irregular): neste tipo, a demanda é caracterizada por uma grande variação no tempo e na quantidade;
- Smooth (regular): o padrão de demanda e o volume neste tipo são constantes, o que acaba indicando que a aplicação de métodos de previsão de demanda de séries temporais podem fornecer resultados satisfatórios.

Syntetos (2001) utiliza os históricos de demandas para fazer a análise da variação em relação ao volume e ao período, por meio dos parâmetros  $p$  e  $CV^2$  e assim realizar a classificação dos quatro tipos de demanda. O parâmetro  $p$ , descrito na Equação (1), mede a regularidade da demanda no tempo, calculando o intervalo médio entre duas demandas (SYNTETOS, 2001).

$$p = \frac{P_t}{P_d} \quad (1)$$

Em que:

$P_t$  = Número total de períodos

$P_d$  = Número total de períodos com demanda.

Já o parâmetro  $CV^2$ , descrito na Equação (2), mede a variação nas quantidades em cada período que a demanda ocorreu (SYNTETOS, 2001).

$$CV^2 = \left(\frac{\sigma(x)}{\mu(x)}\right)^2 \quad (2)$$

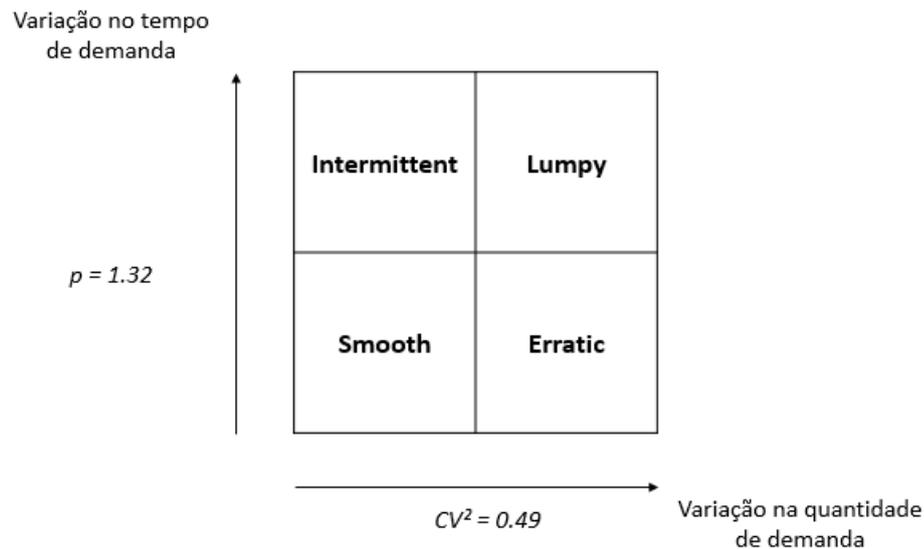
Em que:

$\sigma(x)$  = Desvio padrão de consumo médio;

$\mu(x)$  = Valor médio do consumo médio.

Sendo assim, é possível associar cada tipo de demanda de acordo com os limites da Figura 5 (SYNTETOS, 2001).

Figura 5 – Categorização de padrões de demanda



Fonte: adaptado de Syntetos (2001, p. 113).

Portanto, quando um parâmetro for caracterizado pelo limite de valores de  $CV^2$  e  $p$  ele deve se modelar ao padrão de classificação com limite superior ou igual. Como por exemplo, quando  $p \geq 1.32$  a demanda é caracterizada como Intermittent ou Lumpy e quando os limites são identificados como  $CV^2 \geq 0.49$  será caracterizada como Erratic ou Lumpy.

### 2.3.2. Métodos qualitativos de previsão de demanda

Segundo Bonotto e Fogliatto (2015), os métodos qualitativos de previsão são caracterizados por fazer incorporação em suas análises de fatores como julgamentos, opiniões, experiências e intuições, de modo geral, todos subjetivos. São definidos como sendo os métodos

que possuem pouca ou nenhuma análise quantitativa, no entanto existem conhecimentos qualitativos suficientes para realizar a previsão (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Geralmente por ter uma natureza subjetiva os métodos qualitativos são utilizados para formulação de desenvolvimento de novos produtos e serviços onde não se sabe ao certo a aceitação do mercado, desenvolvimento de planos e previsões de médio e longo prazo, ou relacionados a novas situações em que não há dados suficientes ou um precedente histórico (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998).

Os métodos qualitativos de previsão envolvem as opiniões subjetivas de especialistas. Há metodologias formais para obtenção das previsões que vão desde a consolidação de vendas ao uso de métodos tipo Delphi e assim obter consenso de opinião dos responsáveis pela previsão. Podem ser usadas diversas informações para elaborar as previsões, como testes de marketing, pesquisa com consumidores, estimativas da força de vendas e dados históricos, no entanto o processo usado para obter a precisão é subjetivo. (CAVALHEIRO, 2003). Diferentemente das técnicas qualitativas, os métodos quantitativos fazem uso de modelos matemáticos para fazer a previsão de demanda, alguns desses métodos são explicados nas próximas seções.

### **2.3.3. Métodos quantitativos de previsão de demanda**

Os modelos quantitativos são aqueles que fazem uso de uma série histórica de dados sobre um determinada variável, com finalidade de identificar padrões de comportamento que possam ser projetados para o futuro (CORRÊA, 2009). Permitem assim o controle dos erros, no entanto necessitam de informações quantitativas preliminares (MANCUZO, 2003). As técnicas para a realização destas previsões são:

- Séries temporais: utilizam valores passados de demanda e indicam instantes específicos de tempo, geralmente com espaçamento igual (MANCUZO, 2003).
- Métodos causais: fazem previsões com base em uma relação causa-efeito entre variáveis (CAVALHEIRO, 2003).

De acordo com Tubino (2007), os métodos quantitativos baseados em séries temporais partem do pressuposto de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, onde não sofrerão influência de outras variáveis. São os modelos de previsão mais simples e usuais, e que geram bons resultados. Para realizar a previsão é necessário plotar os dados

passados e assim consegue-se identificar características, ou seja, padrões, da curva obtida. Esses padrões podem ser tendências, sazonalidades, variações irregulares e variações randômicas.

Nas organizações, os métodos de séries temporais são os mais utilizados, pois possuem um fácil equacionamento e geralmente são usadas em situações onde a demanda a ser projetada é alta e possui características específicas, sendo necessária a aplicação de diferentes métodos para avaliação do melhor resultado (STAUDT, 2011).

Os métodos quantitativos revisados neste trabalho foram:

- Método de previsão ingênua;
- Método de média simples;
- Método de média móvel com 3 meses;
- Método de média móvel com 6 meses;
- Método de média móvel com 12 meses;
- Método de média móvel dupla;
- Método de média móvel ponderada;
- Método de suavização exponencial simples;
- Método de Brown;
- Método de Holt;
- Método de Holt-Winters.

As descrições para cada método são apresentadas nas próximas seções.

### 2.3.3.1. Previsão Ingênua

O método de previsão ingênua é considerado o mais simples, visto que o valor para o próximo período é o valor verificado no período atual, como observado na Equação (3) (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

$$P_{t+1} = O_t \quad (3)$$

Em que:

$P_{t+1}$  = previsão para o período t+1

$O_t$  = valor observado no período atual

t = período (1, 2, 3, 4, ...).

Este método é muito simples e não exige nenhum esforço analítico, entretanto sua eficácia é reduzida, a menos que se trate de uma situação muito estável, o que é difícil de ocorrer. É caracterizado pelo uso simples de dados históricos de acordo com o período anteriores ou simplesmente é utilizado um fator de correção para os períodos futuros (BARBIERI; MACHILINE, 2009).

### 2.3.3.2. Média Simples

Segundo Samohyl, Souza e Miranda (2008), o método de média simples pode ser considerado tão simples como a previsão ingênua, visto que sua aplicação consiste em apenas calcular a média aritmética das demandas passadas para assim determinar a previsão do próximo ou próximos períodos. Este método não é indicado para séries onde é identificado tendência ou sazonalidade e deve ser usado apenas para prever um período a frente, de acordo com a Equação (4) (SAMOHYL, SOUZA, MIRANDA, 2008).

$$P_{t+1} = \frac{\sum_{t=1}^n O_t}{n} \quad (4)$$

Em que:

$P_{t+1}$  = previsão para o período t+1

$O_t$  = valor observado no período atual

t = período (1, 2, 3, 4, ...)

n = número de períodos.

De acordo com Samohyl, Souza e Miranda (2008), outro ponto para ser destacado é o fato da previsão por média simples tender a mascarar os maiores e os menores valores da série histórica, em que, na teoria deveriam ter maior peso. Este também seria o caso dos valores mais recentes, que igualmente necessitam uma atenção especial, pois esta seria uma forma de considerar a tendência dos dados. Ou seja, quando um valor for muito antigo, deve obter peso baixo, considerando que um valor muito ultrapassado não deve ter muito impacto no presente. Tais aspectos, pode-se dizer, são as principais desvantagens deste método, na medida em que se ponderam do mesmo modo todas as observações da amostra.

### 2.3.3.3. Média móvel

Conforme Mancuzo (2003), a previsão para períodos futuros na média móvel é obtida a partir da média aritmética dos  $m$  valores reais de demandas imediatamente passadas, conforme Equação (5).

$$P_{t+1} = MM_t = \frac{O_t + O_{t-1} + O_{t-2} + \dots + O_{t-m+1}}{m} \quad (5)$$

Em que:

$MM_t$  = média móvel no período  $t$

$m$  = número de períodos contidos na média.

Da mesma forma que ocorre na média simples, os valores são ponderados de acordo com a série histórica. Quanto maior o  $m$ , mais próxima estará da previsão pela média simples, e mais os efeitos sazonais são suavizados (MANCUZO, 2033).

#### 2.3.3.4. Média móvel ponderada

Na média móvel ponderada há a ponderação de cada item da série individualmente, no entanto, a soma de todas as ponderações não pode ultrapassar de 1, de acordo com a Equação (7). Os pesos se relacionam à posição do dado histórico, conforme Equação (6). Além disso, os pesos são decrescentes dos valores mais recentes para os mais distantes (DIAS, 2010).

$$P_{t+1} = \frac{w_1 O_t + w_{t-1} O_{t-1} + \dots + w_{t-m} O_{t-m}}{m} \quad (6)$$

$$w_1 + w_{t-1} + \dots + w_{t-m} = 1 \quad (7)$$

Em que:

$w_t$  = peso relacionado ao valor do período  $t$ .

#### 2.3.3.5. Suavização exponencial

De acordo com Samohyl, Souza e Miranda (2008), o método de suavização exponencial consiste em decompor a série em componentes (tendência e sazonalidade) e suavizar seus valores passados, ou seja, dar pesos diferenciados cujos valores decaem exponencialmente para zero quanto mais antigo for o dado, ou seja, valorizando os dados mais recentes. A previsão é obtida tendo base a previsão passada, incorporado do erro cometido na previsão anterior corrigido por um coeficiente alfa ( $\alpha$ ), conhecido como a constante de suavização, que pode variar entre zero e um. Além de  $\alpha$ , são necessários apenas a previsão mais recente ( $P_t$ ) e a demanda real que ocorreu nesse período de previsão ( $O_t$ ). A Equação (8) demonstra matematicamente esse método (WANKE, JULIANELLI, 2006).

$$P_{t+1} = \alpha O_t + (1 - \alpha)P_t \quad (8)$$

Em que:

$\alpha$  = constante de suavização

$P_t$  = previsão mais recente

$O_t$  = valor observado no período atual.

Segundo Tubino (2007), o coeficiente de ponderação alfa ( $\alpha$ ) é fixado dentro de uma faixa que varia de 0 a 1. O modelo reagirá a uma variação real da demanda melhor quanto maior for o valor de  $\alpha$ . Caso o valor determinado seja muito pequeno, as previsões podem acabar ficando defasadas da demanda real. Por outro lado, se o valor for muito alto, as previsões ficarão dependentes às variações aleatórias da demanda. Geralmente utiliza-se valores que variam de 0,05 a 0,5 (TUBINO, 2007).

### 2.3.3.6. Média móvel dupla

O método da média móvel dupla apresenta bons resultados em séries temporais que possuem tendência. Para o cálculo da média móvel dupla, Equação (9), é necessário primeiramente determinar as médias móveis, utilizando a Equação (5), com isso pode-se calcular a previsão a partir da média móvel dupla, conforme Equação (10) (CORRAR; THEÓFILO, 2004).

$$MMD_t = \frac{(MM_t + MM_{t-1} + \dots + MM_{t-m+1})}{m} \quad (9)$$

$$P_{t+k} = 2MM_t - MMD_t + k \left[ \left( \frac{2}{m-1} \right) (MM_t - MMD_t) \right] \quad (10)$$

Em que:

$MMD_t$  = média móvel dupla no período t

$MM_t$  = média móvel no período t

$m$  = número de períodos observados

$k$  = número de períodos futuros a serem previstos.

### 2.3.3.7. Método de Brown

Segundo Staudt (2011), da mesma forma que a média móvel dupla, o método de Brown possui resultados positivos para séries temporais que possuem tendência. A construção dessa metodologia se dá de modo que o presente método seja a aplicação repetida do modelo de suavização exponencial simples e utilizando do mesmo parâmetro de suavização  $\alpha$ . Ou seja, é utilizado um coeficiente de amortecimento ( $\alpha$ ) para atribuir pesos diferentes nos valores históricos que são utilizados. Para o cálculo dos amortecimentos são utilizadas as Equações (11) e (12), e a Equação (13) calcula a previsão futura (SANTOS, 2003).

$$A_t = \alpha O_t + (1 - \alpha)A_{t-1} \quad (11)$$

$$A'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)A'_{t-1} \quad (12)$$

$$P_{t+k} = 2A_t - A'_t + k \left[ \left( \frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) (A_t - A'_t) \right] \quad (13)$$

Em que:

$\alpha$  = coeficiente de amortecimento;

$A_t$  = primeiro amortecimento;

$A'_t$  = segundo amortecimento.

Utiliza-se a Equação (14) e (15) para encontrar o valor do primeiro e segundo amortecimento, respectivamente.

$$A_0 = \alpha_0 - \frac{1 - \alpha}{\alpha} b_0 \quad (14)$$

$$A'_0 = \alpha_0 - 2 \frac{1 - \alpha}{\alpha} b_0 \quad (15)$$

Em que:

$\alpha_0$ = coeficiente linear da regressão dos valores da série pelos números de períodos

$b_0$ = coeficiente angular da regressão dos valores da série pelo número de períodos.

### 2.3.3.8. Método de Holt

De acordo com Samohyl, Souza e Miranda (2008), o método de Holt, utiliza dois coeficientes de suavização,  $\alpha$  e  $\beta$ , que representam o nível e o crescimento da série respectivamente. Os coeficientes podem variar entre 0,01 e ,0,99. A Equação (16) representa o nível e como a suavização exponencial simples é a combinação entre o observado e o previsto. A Equação (17) representa o crescimento, que é a diferença entre níveis sequenciais. Já a Equação (18) tem como resultado as previsões para os k períodos.

$$N_t = \alpha O_t + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (16)$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (17)$$

$$P_{t+k} = N_t + kT_t \quad (18)$$

Em que:

$N_t$ = componente nível;

$T_t$ = componente tendência;

$O_t$ = valor observado no período t;

$\alpha$ = coeficiente de amortecimento;

$\beta$ = coeficiente de amortecimento para tendência;

$k$ = número de períodos a serem previstos.

### 2.3.3.9. Método de Holt-Winters

De acordo com Samohyl, Souza e Miranda (2008), em 1960 Winters estendeu o método de Holt para casos de dados com sazonalidade. O método pode ser dividido em aditivo e multiplicativo. O aditivo é usado quando a amplitude da variação sazonal é constante, isto é, a diferença entre o maior e o menor valor para demanda permanece constante com o passar do tempo. Já o multiplicativo é utilizado quando a amplitude da variação sazonal sofre aumento com o tempo, ou seja, a diferença entre o maior e o menor ponto de demanda nos ciclos aumenta com o passar do tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

O método possui três equações: a Equação (19) apresenta o ajuste do nível,  $N_t$ , a Equação (20) o ajuste do crescimento,  $T_t$  e a Equação (21) a sazonalidade,  $S_t$ . Para este trabalho utilizou-se o método de Holt-Winters aditivo, onde a previsão de demanda é calculada de acordo com a Equação (22).

$$N_t = \alpha(O_t - S_{t-c}) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (19)$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (20)$$

$$S_t = \gamma(O_t - N_t) + (1 - \gamma)S_{t-c} \quad (21)$$

$$P_{t+k} = N_t + kT_t + S_{t-c+k} \quad (22)$$

Em que:

$N_t$ = componente nível;

$T_t$ = componente tendência;

$S_t$ = componente sazonalidade;

$\alpha$ = coeficiente amortecimento;

$\beta$ = coeficiente de amortecimento para tendência;

$\gamma$ = coeficiente de amortecimento para sazonalidade;

$O_t$ = valor observado no período t;

$k$ = número de períodos a serem previstos;

$c$  = período sazonal.

Para o método multiplicativo a Equação (23) apresenta o ajuste do nível, a Equação (24) o ajuste do crescimento, e a Equação (25) a sazonalidade. A diferenciação para a forma aditiva está na Equação (26), onde a sazonalidade é multiplicada pela tendência (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

$$N_t = \alpha \left( \frac{O_t}{S_{t-c}} \right) + (1 - \alpha)(N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (23)$$

$$T_t = \beta(N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (24)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{O_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-c} \quad (25)$$

$$P_{t+k} = (N_t + kT_t)S_{t-c+k} \quad (26)$$

#### 2.3.4. Erros de previsão

O nível de serviço oferecido ao consumidor, o nível de estoque de segurança da empresa e o custo total na cadeia de suprimentos são influenciados diretamente pela acuracidade da previsão. Com uma previsão mais acurada a produção pode antecipar de uma melhor forma a demanda do cliente (MEIJDEN; NUNEN; RAMONET, 1994).

A identificação dos erros de previsão é muito importante para a melhoria contínua de todo o processo de previsão. Uma vez que os erros sempre irão existir, é necessário realizar uma investigação para buscar mitigá-los e assim melhorar os resultados futuros da previsão (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008). O erro pode ser determinado pela diferença entre o valor previsto ( $P_t$ ) e o valor observado ( $O_t$ ), conforme Equação (27). Quando o resultado desta equação for positivo, significa que a previsão está acima do real observado, e negativo significa que está abaixo (WANKE, JULIANELLI, 2006).

$$Erro = P_t - O_t \quad (27)$$

##### 2.3.4.1. Erro Médio (ME)

O cálculo do ME é o mais simples e também mais frágil, visto que resulta em um valor próximo de zero, devido os erros possuírem valores positivos e negativos que quando somados acabam se cancelando (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008). Em compensação, a determinação do erro médio é muito útil como medida de viés, ou seja, as tendências das previsões para mais ou para menos (WANKE, JULIANELLI, 2006). De acordo com Lustosa et al. (2008), para o cálculo, é preciso somar os valores de erros para os  $n$  períodos e calcula-se a média, conforme Equação (28).

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (P_t - O_t) \quad (28)$$

#### 2.3.4.2. Erro médio absoluto (MAD)

Ao contrário do ME, o MAD trabalha com o valor absoluto dos erros, ou seja, sem os respectivos sinais, tratando o erro como se fosse uma distância. O erro médio absoluto é uma medida de qualidade da previsão, sendo apropriada para analisar o erro de um produto individualmente. A sua formulação se dá de acordo com a Equação (29) (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |P_t - O_t| \quad (29)$$

#### 2.3.4.3. Erro médio quadrado (MSE)

O Erro Médio Quadrático (MSE) é a média dos erros de previsão ao quadrado conforme a Equação (30). Serve como uma medida de desempenho dos métodos de previsão, pois quanto menor for o seu valor, maior é a acuracidade da previsão (LAWRENCE, 2009).

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (P_t - O_t)^2 \quad (30)$$

#### 2.3.4.4. Erro percentual absoluto médio (MAPE)

O erro percentual absoluto médio (MAPE) é uma das formas mais populares para se medir a acurácia da previsão (KAHN, 1998). O MAPE também neutraliza os sinais dos valores individuais. Na área da administração e engenharia, este é o tipo de cálculo mais utilizado, visto que é de fácil interpretação do quanto se está errando em termos percentuais. É matematicamente calculado de acordo com a Equação (31) (WANKE, JULIANELLI, 2006).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{P_t - O_t}{O_t} \right| \quad (31)$$

Em que:

$O_t \neq 0$ .

#### 2.3.4.5. U de Theil

O U de Theil, também chamado de coeficiente de desigualdade, é uma medida relativa em que se tem ideia em termos percentuais dos erros um passo à frente cometidos com a previsão. Espera-se que esta medida varie entre zero e um, sendo esta a oscilação aceitável. O cálculo pode ser observado na Equação (32) (SAMOHYL; SOUZA; MIRANDA, 2008).

$$U = \sqrt{\frac{\sum_t^{n-1} \left\{ \left( \frac{P_{t+1} - O_t}{O_t} \right) - \left( \frac{O_{t+1} - O_t}{O_t} \right) \right\}^2}{\sum_t^{n-1} \left( \frac{O_{t+1} - O_t}{O_t} \right)^2}} \quad (32)$$

Em que:

$O_t \neq 0$

Quando a previsão é igualada ao valor observado ( $P_{t+1} = O_{t+1}$ ), verifica-se a melhor situação possível, pois o numerador fica nulo, indicando que o U de Theil igual a zero é o melhor resultado possível. Para o método de previsão ingênua, onde o valor previsto é igual ao observado no período anterior, o numerador é eliminado e o resultado de U de Theil é igual a um. Assim sendo, a medida de U de Theil deve ser menor que um para que a acurácia da previsão seja mais precisa que a previsão ingênua (STAUDT, 2011).

### 3. METODOLOGIA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa científica tem como objetivo conhecer cientificamente um ou mais aspectos de determinado tema. A metodologia de trabalho pode ser classificada de acordo com três pontos de vista, quanto a sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos técnicos.

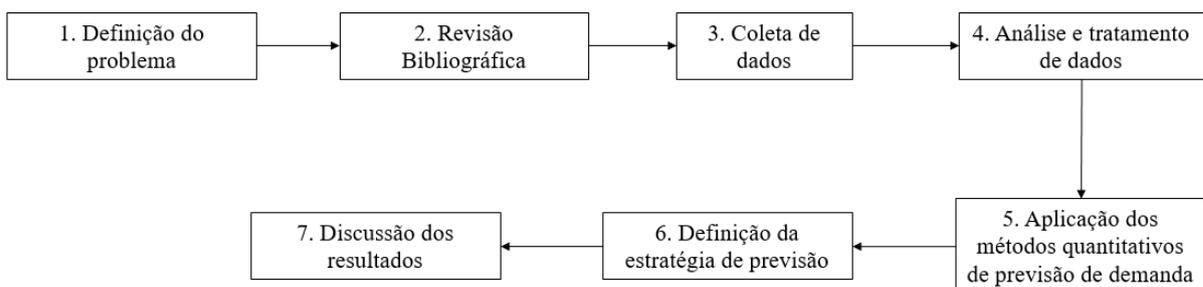
Este trabalho é classificado de natureza aplicada que segundo Prodanov e Freitas (2013), é a pesquisa que tem como finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática direcionados a solução de problemas específicos. Esta pesquisa tem o propósito de aplicar métodos quantitativos de previsão de demanda buscando melhorar a acuracidade.

Já segundo o ponto de vista de seus objetivos é classificado como uma pesquisa explanatória, que de acordo com Gil (2010) têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, para assim torná-lo mais explícito ou construir hipóteses, com uma abordagem quantitativa visto que as conclusões são retiradas diretamente de resultados numéricos, ou seja, através do cálculo das projeções de demanda.

Para que se possa analisar os fatos do ponto de vista empírico e confrontar a visão teórica com os dados da realidade, torna-se necessário elaborar um modelo conceitual e operativo da pesquisa (GIL, 2010). Do ponto de vista dos procedimentos técnicos o presente trabalho se caracteriza como um estudo de caso, que segundo Prodanov e Freitas (2013), é a maneira pela qual obtemos os dados necessários para a elaboração da pesquisa, onde aqui são estudados dados reais de uma empresa e analisados os resultados obtidos.

A Figura 6 representa de forma simplificada as etapas para o desenvolvimento deste trabalho, que são detalhadas na sequência.

Figura 6 – Procedimento de desenvolvimento do trabalho



Fonte: autora (2021).

- 1) Definição do problema: a partir do contato da autora com a empresa por reunião virtual, observou-se a oportunidade de analisar diferentes estratégias e métodos quantitativos de previsão de demanda que possam melhorar a acuracidade da previsão da empresa.
- 2) Revisão bibliográfica: nesta etapa é realizado um levantamento bibliográfico em bases de dados disponíveis e OpenAccess (2021), com a finalidade de adquirir embasamento teórico a respeito do processo de previsão de demanda, além de abordagens de previsão, métodos e erros de previsão, para posteriormente aplicá-los a problemática apresentada.
- 3) Coleta de dados: foi realizada junto a empresa uma coleta de dados das demandas históricas de vendas das famílias e seus produtos dos anos 2018, 2019 e 2020, os erros das previsões, informações da curva ABC e procedimentos de planejamento de demanda da empresa.
- 4) Análise e tratamento dos dados: tem como objetivo identificar a presença de outliers (dados fora do padrão) na série histórica obtida na etapa anterior e assim buscar entender o comportamento dos dados ao longo do período. Os dados foram tratados e analisados por meio de ferramentas de análises do Microsoft Excel®.
- 5) Aplicação de modelos de previsão: após a coleta e análise dos dados, aplicaram-se os métodos de previsão de demanda vistos no capítulo 2, e de acordo com os erros definiu-se o melhor método para cada família e posteriormente cada item.
- 6) Definição da estratégia de previsão: foi discutido e determinado qual a estratégia de previsão apresenta melhores resultados para os itens estudados.
- 7) Discussão dos resultados: busca analisar de forma qualitativa os resultados das etapas anteriores, assim como sua viabilidade.

No próximo capítulo é apresentado as etapas de forma detalhada do estudo de caso deste trabalho. Serão abordados os seguintes tópicos: contextualização sobre a empresa, problemática e definição do escopo do trabalho, análise e tratamento dos dados e sobre a aplicação dos métodos de previsão.

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA E PROCESSO DE PREVISÃO DE DEMANDA ATUAL

A empresa em que foi realizado o estudo é líder no Brasil no ramo de revestimentos cerâmicos, e está no mercado há mais de 40 anos. Possui capacidade para produzir aproximadamente 30 milhões de metros quadrados de revestimento por ano, e atende a países dos cinco continentes por meio de quatro grandes canais de vendas: (i) as revendas multimarcas, (ii) as lojas próprias e franquias, (iii) a construção civil e a (iv) exportação.

Cada canal de venda possui seu portfólio específico, podendo alguns produtos serem compartilhados entre canais. O portfólio da empresa conta com mais de mil produtos que possuem unidade de medida metro quadrado, onde os itens são classificados de acordo com o formato, que é o dimensionamento da peça em centímetros e o acabamento, que pode ser entendido como a combinação entre o aspecto da superfície e o corte nas bordas. Neste trabalho, o formato e acabamento pode ser entendido como sendo as famílias de produtos.

O processo de previsão de demanda na empresa é realizado mensalmente pela área de S&OP, seguindo uma estratégia top-down e a metodologia S&OP para geração do plano de vendas agregado por família de produtos. Inicia-se com as atualizações das bases de dados de faturamento, carteira de pedidos e entrada de pedidos de todas as famílias dos canais de vendas. Com base nestes dados, na performance comercial, precificação e demais ações comerciais é definida nas reuniões executivas do S&OP uma demanda para cada canal de venda de acordo com o formato e acabamento, utilizando métodos qualitativos. Após a finalização do ciclo S&OP e a divulgação do plano de vendas agregado, é calculada a demanda para cada produto, onde é feito uma proporção entre a média da demanda dos últimos seis meses do SKU e o total de demanda da família que o produto faz parte.

O canal da construção civil possui o maior faturamento em metros quadrados, equivalente a aproximadamente 30% em 2020. Já o canal exportação é o segundo na prioridade de atendimento. As lojas próprias e franqueadas possuem a maior prioridade de atendimento, no entanto fazem parte de uma outra unidade de negócio, com isso existe uma área própria de S&OP que coordena e desenvolve as previsões de demanda. Com isso, este trabalho está focado no estudo da previsão de demanda dos canais da construção civil e exportação.

## 4.2. PROBLEMÁTICA E ESCOPO DO TRABALHO

Por dispor de um extenso portfólio de produtos ofertados aos clientes, a empresa precisa de flexibilidade para atender o volume de vendas e alinhar a produção à demanda. Quando o erro das projeções de vendas é diminuído pode-se ter um melhor atendimento aos clientes e assim aumentar o retorno sobre o capital investido.

O presente estudo tem como objetivo calcular as previsões de demanda das principais famílias de produtos do canal da construção civil e exportação, baseando-se em um histórico de vendas de 2018 a 2020 e utilizando métodos de previsões quantitativos. Posteriormente serão calculados também as previsões dos itens de cada família, para assim realizar uma análise da melhor estratégia de previsão.

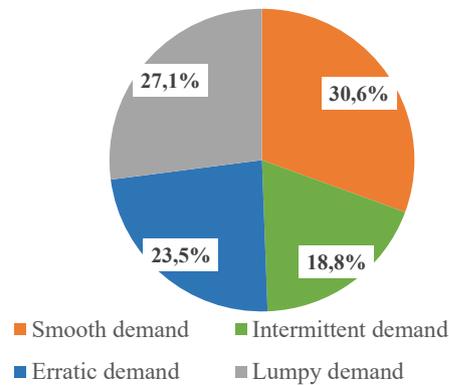
Visto a importância da classificação da demanda para aplicação dos métodos quantitativos que são foco neste trabalho, o passo inicial é estudar como a demanda das famílias se comportam de acordo com as classificações de Syntetos, Boylan e Croston (2005) descritas no Capítulo 2. Assim sendo, classificou-se o histórico de demanda utilizando dados de 12 meses (julho de 2020 a junho de 2021) para cada família dos canais de venda, construção civil e exportação.

Desta maneira, para cada família de produto dos canais de venda, construção civil e exportação calculamos o intervalo médio entre demandas ( $p$ ) e o quadrado do coeficiente de variação das quantidades demandadas ( $CV^2$ ). A classificação da demanda foi determinada com base nos resultados de  $p$  e  $CV^2$  de acordo com a seguinte categorização:

- $p < 1,32$  e  $CV^2 < 0,49$ : demanda regular (smooth demand);
- $p \geq 1,32$  e  $CV^2 < 0,49$ : demanda intermitente (intermittent demand);
- $p < 1,32$  e  $CV^2 \geq 0,49$ : demanda errática (erratic demand);
- $p \geq 1,32$  e  $CV^2 \geq 0,49$ : demanda irregular (lumpy demand).

Para o canal da construção civil, das 85 famílias de produtos que tiveram faturamento nos 12 meses, 30,6% das famílias possuem demanda regular, 27,1% possuem demanda irregular, 23,5% possuem demanda errática e por fim, 18,8% possuem demanda intermitente, como apresentado na Gráfico 1.

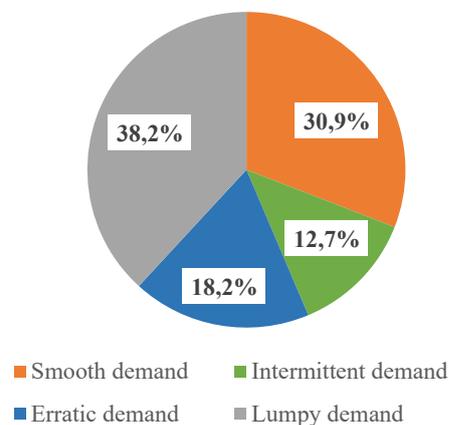
Gráfico 1 - Classificação da demanda – Canal construção civil



Fonte: autora (2021).

O mesmo cálculo foi realizado para o canal exportação, onde nos dados extraídos de faturamento para 12 meses encontraram-se 55 famílias de produtos, em que 30,9% possuem demanda regular, 38,2% possuem demanda irregular, 18,2% possuem demanda errática e por fim, 12,7% possuem demanda intermitente, conforme o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Classificação da demanda – Canal exportação



Fonte: autora (2021).

Após a classificação da demanda para as famílias dos dois canais de vendas, usou-se a curva ABC disponibilizada pela empresa e fez-se a soma da participação dos itens para as famílias com demanda regular. Segundo Ballou (2006), a curva ABC também é conhecida como curva de Pareto, onde foi estudada pela primeira vez para distribuição de renda na Itália por Vilfredo Pareto. Este estudo demonstrou que o maior percentual de renda estava

concentrado em uma pequena parcela da população, em uma proporção de quase 80% a 20%. O conceito da curva ABC espalhou-se para o mundo dos negócios.

A curva ABC é obtida através de uma ordenação dos itens de acordo com sua importância relativa, geralmente é realizado o cálculo de demanda do item multiplicado por seu custo unitário (DIAS, 2010). As três classes são apresentadas abaixo:

- Classe A: são os itens com maior importância para a empresa, visto que apresentam um alto valor no processo produtivo.
- Classe B: são os itens intermediários entre A e C, possuem valores medianos no processo produtivo, mas tem importância relativa no valor global dos estoques.
- Classe C: grupo onde os itens possuem valor desprezível, tem baixo valor global dos estoques, por isso são menos importantes.

De acordo com Ballou (2006), os itens classe A são responsáveis por aproximadamente 80% do valor total de estoque e 10% a 20% dos itens, já os itens classe B representam 30% dos itens e 10% do valor total do estoque, e por fim, os itens classe C, aproximadamente 50% dos itens e 10% do valor total de estoque.

A curva ABC utilizada na definição do escopo deste trabalho e disponibilizada pela empresa difere do padrão apresentado anteriormente, visto que não é aplicado o custo para o cálculo. A distribuição de participação dos itens é feita em relação ao faturamento em metros quadrado para cada item, ou seja, volume de vendas. Assim, para as famílias que obtiveram demanda regular, fez-se a soma do percentual de participação dos itens que faziam parte das respectivas famílias.

Segundo Syntetos, Boylan e Croston (2005), os produtos com demanda regular tem maior probabilidade de assertividade nas previsões utilizando os métodos tradicionais de previsão de demanda que foram descritos no Capítulo 2. Com base nisto, escolheu-se, para fins do escopo deste trabalho, elaborar previsões de demanda somente para as famílias que possuem classificação da demanda smooth (demanda regular), combinado com os maiores percentuais de participação. Como resultado desta análise, as famílias que possuem demanda regular e seus respectivos percentuais de participação na curva ABC para o canal da construção civil e exportação são apresentados nas tabelas dos Apêndices A e B, respectivamente.

Uma análise inicial das demandas históricas das cinco principais famílias dos dois canais de vendas foi realizada. Na Tabela 1 é apresentado as cinco famílias que tem maior participação para o canal da construção civil e possuem demanda regular.

Tabela 1 – Cinco principais famílias para canal construção civil

<b>Família</b>	<b>Participação ABC (m<sup>2</sup>)</b>
<b>30x60cm Bold</b>	15,85%
<b>30x60cm Retificado</b>	10,86%
<b>07x26cm Bold</b>	6,59%
<b>80x80cm Retificado</b>	5,71%
<b>60x60cm Bold</b>	5,13%
<b>Total</b>	<b>44,14%</b>

Fonte: autora (2021).

Na Tabela 2 é apresentado as cinco famílias que tem maior participação para o canal exportação e que possuem demanda regular.

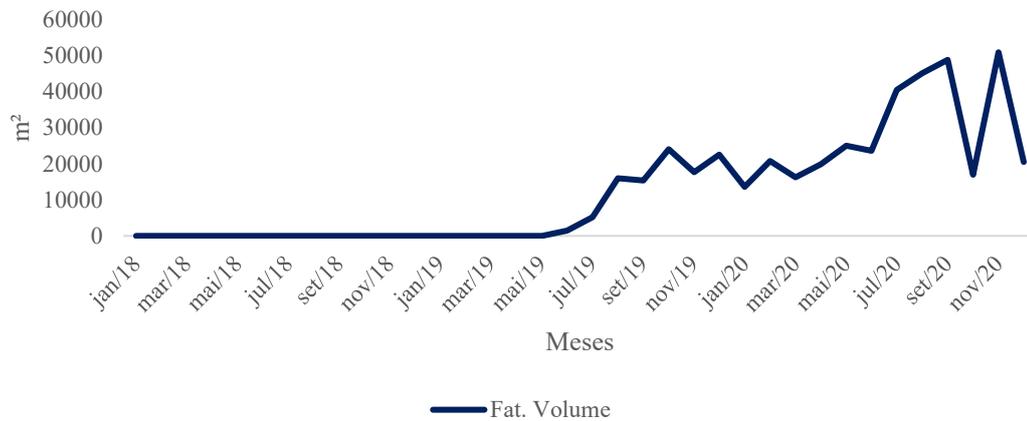
Tabela 2 - Cinco principais famílias para canal exportação

<b>Família</b>	<b>Participação ABC (m<sup>2</sup>)</b>
<b>60x120cm Corte</b>	15,11%
<b>60x60cm Retificado</b>	11,32%
<b>60x120cm Retificado</b>	7,40%
<b>60x120cm Polido</b>	5,20%
<b>60x60cm Bold</b>	3,25%
<b>Total</b>	<b>42,28</b>

Fonte: autora (2021).

Para o canal da construção civil, das cinco famílias da Tabela 1, verificou-se que a família do 80x80cm Retificado não possuía demanda histórica no ano de 2018 até o segundo semestre de 2019, o que dificulta as previsões com os métodos quantitativos, como pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Realizado 80x80cm Retificado



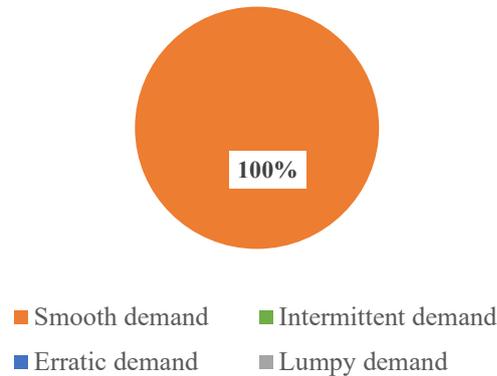
Fonte: autora (2021).

Dessa forma, a fim de focar nas principais famílias dos dois canais de vendas, optou-se por realizar as projeções de demanda para as famílias 30x60cm Bold, 30x60cm Retificado e 60x60cm Bold do canal construção civil e 60x120cm Corte e 60x60cm Retificado do canal da exportação. Os dados coletados de histórico de demanda regular em metro quadrado dos anos 2018, 2019 e 2020 de vendas para as famílias selecionadas estão apresentados no Apêndice C.

Partindo das cinco famílias determinadas anteriormente foram escolhidas aquelas em que a previsão dos SKU' também fosse realizada. As duas famílias do canal exportação possuem muitos itens em seu portfólio, o formato 60x120cm Corte possui 48 itens e o 60x60cm Retificado possui 59 produtos. Já para o canal da construção civil, os formatos 30x60cm Bold e 30x60cm Retificado possuem apenas dois produtos e a família 60x60cm Bold possui 10 itens em seu portfólio. É necessário um número compatível de itens para que se possa realizar uma avaliação das estratégias top-down e bottom-up, por isso, optou-se por fazer as previsões para o formato 30x60cm Bold, por possuir a maior participação na curva ABC e o formato 60x60cm Bold que possui um número de itens viável para as análises.

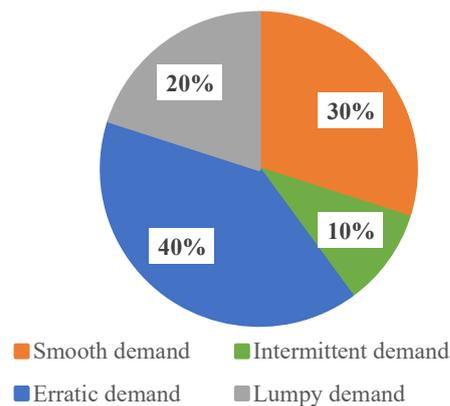
Assim como para as famílias, foi realizado a classificação da demanda para os itens, a fim de encontrar aqueles que possuem demanda regular. Os dois itens pertencentes a família 30x60cm Bold possuem demanda regular, como pode ser observado no Gráfico 4. Já a família 60x60cm Bold, 30% dos seus itens possuem demanda regular, 40% demanda errática, 10% intermitente e 20% irregular, como pode ser observado no Gráfico 5.

Gráfico 4 - Classificação da demanda – Família 30x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

Gráfico 5 - Classificação da demanda – Família 60x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

Como o número de itens que possuem demanda regular na família do 60x60cm Bold é de apenas 30%, optou-se em realizar as projeções pelos métodos quantitativos tanto dos itens com classificação regular como erráticos, já que de acordo com Syntetos, Boylan e Croston (2005), os itens que possuem demanda errática são aqueles em que há variação na quantidade da demanda e não na sua ocorrência, assim os métodos quantitativos podem ser adequados para fazer as previsões. Os dados coletados do histórico de demanda dos anos 2018, 2019 e 2020 de vendas para os produtos selecionados estão apresentados no Apêndice D. Para preservar a empresa, os itens são identificados apenas como item e numerados de 1 a 9

A partir da definição do escopo para as 5 famílias com demanda smooth e determinado os 9 itens, as próximas seções tratam da análise dos dados, da aplicação dos métodos e como foi realizado a avaliação dos métodos quantitativos de previsão.

### 4.3. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Uma análise preliminar dos dados se faz necessária para que possa ser identificado possíveis valores espúrios na série temporal (outliers) que pode dificultar as previsões de demanda. Os outliers podem ser causados por falta de produtos, promoções esporádicas, erros de digitação, variações no mercado financeiro, entre outras causas (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2001). Dessa forma, avaliou-se a presença de outliers na demanda histórica tanto para as famílias e posteriormente para os produtos selecionados.

Segundo Staudt (2011), uma maneira de identificar possíveis outliers é determinar limites de desvio padrão fora da média, onde caso os valores da série histórica estiverem fora desses limites e forem identificadas causas para os dados sofrerem influência podem ser descartados ou adequados por fugirem da realidade. Dessa forma, produziram-se gráficos com as séries temporais coletadas junto a empresa e foram adicionadas linhas de um, dois e três desvios padrões com a finalidade de simplificar a identificação de dados espúrios.

Para as famílias de produtos, determinou-se um limite máximo e mínimo de dois desvios padrões da curva normal para a série de dados. Ou seja, os dados que ultrapassaram o segundo desvio padrão foram considerados outliers, visto que, quando se considera famílias de produtos os dados são uma agregação e podem gerar menores impactos, por isso um desvio padrão mais baixo foi considerado como limite.

Verificou-se a presença de outliers nas séries históricas de duas famílias do canal construção civil, 30x60cm Bold e 60x60cm Bold e para uma família do canal exportação, a 60x60cm retificado. Para a família 30x60cm Bold foram identificados dois outliers, no período 28 abaixo do segundo desvio padrão e no período 30 acima do segundo desvio padrão conforme é destacado no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Análise outlier 30x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

Observou-se que, para este caso, pode ter ocorrido algum erro de digitação, falta de produto, promoções, ações comerciais ou variações no mercado financeiro, como discutido por Pellegrini e Fogliatto (2001). Assim, estes valores foram ajustados seguindo a metodologia de Allemao (2004), onde o valor é substituído pelo teto existente na série histórica (máximo ou mínimo), no caso do período 28 pelo mínimo da série e para o caso do período 30 o máximo da série histórica, este ajuste pode ser observado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Ajuste de outlier para família 30x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

Para a família 60x60cm Bold foi identificado um outlier no período 34, como pode-se observar destacado no Gráfico 8, assim como para a família 30x60cm Bold é constatado que também pode ter ocorrido algum erro ou ação comercial, com isso o dado foi substituído pelo teto mínimo da série histórica, onde o ajuste pode ser observado no Gráfico 9.

Gráfico 8 – Análise outlier 60x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

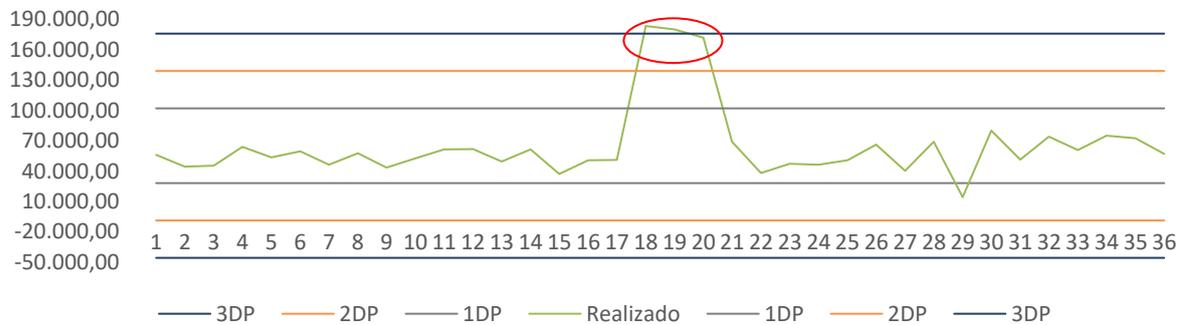
Gráfico 9 – Ajuste de outlier para família 60x60cm Bold



Fonte: autora (2021).

Para a família 60x60cm Retificado foram identificados três períodos (18, 19 e 20) que estão acima do segundo desvio padrão, como destacado no Gráfico 10. Assim como para as outras famílias, para a 60x60cm Retificado também foi realizado o tratamento dos dados substituindo-os pelo teto máximo da série histórica, este ajuste é apresentado no Gráfico 11.

Gráfico 10 – Análise outlier 60x60cm Retificado



Fonte: autora (2021).

Gráfico 11 – Ajuste de outlier para família 60x60cm Retificado



Fonte: autora (2021).

Já para os itens, diferentemente das famílias, o terceiro desvio padrão foi considerado como limite da série histórica, visto que dados de produtos são considerados mais específicos e que de acordo com Wanke e Julianelli (2006), valores que ultrapassam de três a quatro desvios padrões da média, são outliers em potencial. Dos nove itens selecionados, os sete itens pertencentes a família 60x60cm Bold foi identificado algum outlier. Analisando a série histórica percebeu-se que estes dados espúrios podem ser algum erro de digitação, promoção ou outra ação comercial, para realizar o tratamento dos dados foi utilizada a mesma metodologia das famílias, onde os outliers são substituídos pelo teto (máximo ou mínimo). Nos Gráficos 12 a 25 são destacados os períodos onde há um outlier seguido do gráfico com a série histórica ajustada.

Gráfico 12 – Outlier do Item 3



Fonte: autora (2021).

Gráfico 13 – Ajuste de outlier para Item 3



Fonte: autora (2021).

Gráfico 14 – Outlier do Item 4



Fonte: autora (2021).

Gráfico 15 – Ajuste de outlier para Item 4



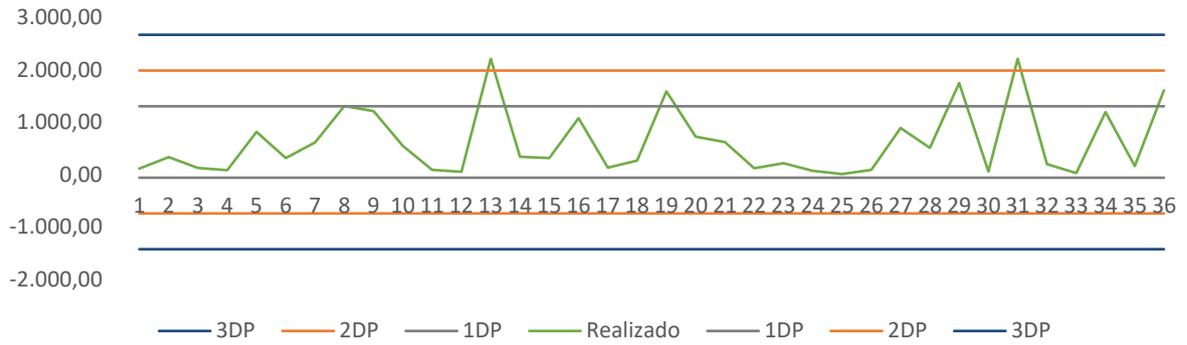
Fonte: autora (2021).

Gráfico 16 – Outlier do Item 5



Fonte: autora (2021).

Gráfico 17 – Ajuste de outlier para Item 5



Fonte: autora (2021).

Gráfico 18 – Outlier do Item 6



Fonte: autora (2021).

Gráfico 19 – Ajuste de outlier para Item 6



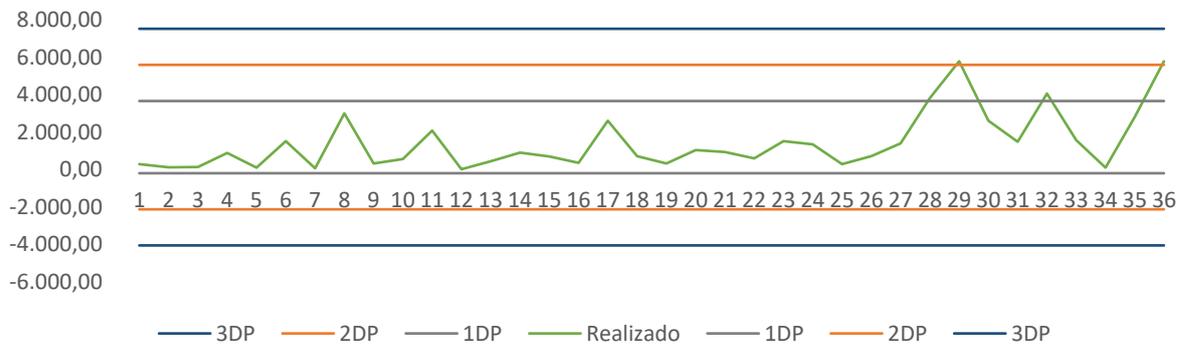
Fonte: autora (2021).

Gráfico 20 – Outlier do Item 7



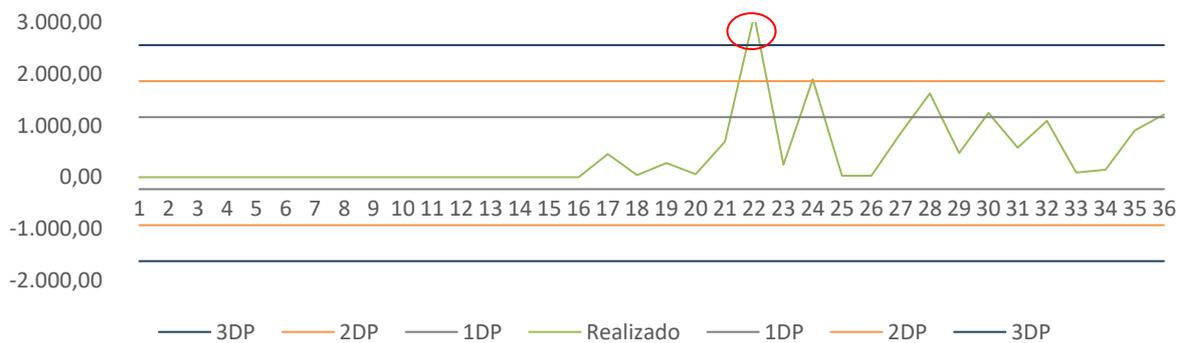
Fonte: autora (2021).

Gráfico 21 – Ajuste de outlier para Item 7



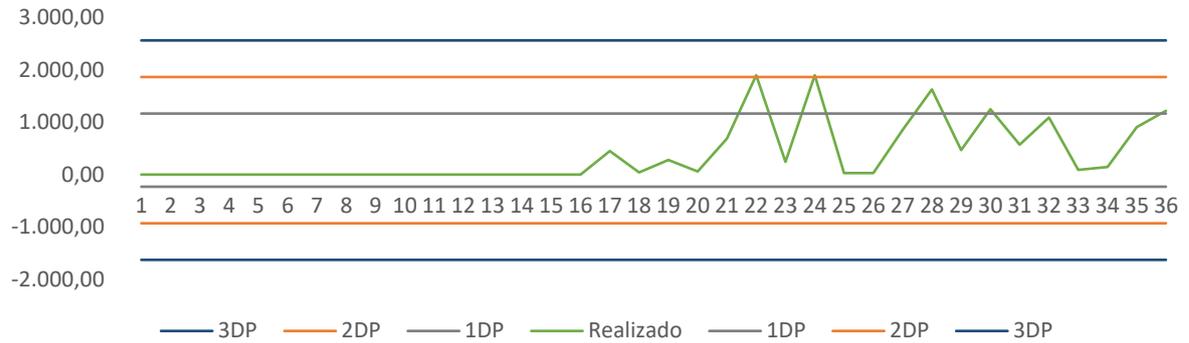
Fonte: autora (2021).

Gráfico 22 – Outlier do Item 8



Fonte: autora (2021).

Gráfico 23 – Ajuste de outlier para Item 8



Fonte: autora (2021).

Gráfico 24 – Outlier do Item 9



Fonte: autora (2021).

Gráfico 25 – Ajuste de outlier para Item 9



Fonte: autora (2021).

Com todos os ajustes de outliers realizados foi possível então calcular as previsões de demanda utilizando os métodos quantitativos. Na seção 4.4 é exemplificado como foi feito a aplicação desses métodos e na seção 4.5 como foi realizado a avaliação dos métodos.

#### 4.4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS DE PREVISÃO

Segundo Bandeira *et al.* (2020), uma boa abordagem para selecionar o melhor método de previsão é realizando uma análise pelo desempenho. Esta abordagem consiste em selecionar o melhor método de previsão nos períodos anteriores (amostras de dados) assumindo que o método de previsão selecionado será mais adequado para os próximos períodos. Na maioria dos casos, a série temporal é dividida em três intervalos de tempo, que são: (i) intervalo de treinamento, que é usado para construir o método de previsão, (ii) validação, usado para selecionar o melhor método de previsão e (iii) teste, que é usado para avaliar o melhor método de previsão em um intervalo de tempo futuro (BANDEIRA *et al.*, 2020).

Neste trabalho, as previsões de demanda foram geradas a partir de uma planilha Excel® com a aplicação de diversos métodos quantitativos de previsão, como: previsão ingênua, média simples, média móvel 3 meses, média móvel 6 meses, média móvel 12 meses, média móvel ponderada 3 meses, suavização exponencial simples, método de Brown, método de Holt e método de Holt-Winters, apresentados no Capítulo 2. A utilização de planilhas em Excel® se dá pelo fato de já ser uma ferramenta constantemente utilizada pela empresa.

Os métodos de previsão calculados foram adaptados para que as equações de previsão considerem os dados realizados de dois meses anteriores ( $t-1$ ), visto que no método utilizado pela empresa as informações de faturamento, entrada de pedidos e carteira de pedidos que são utilizados como base para elaborar a previsão qualitativa não são do mês anterior ( $t$ ) e sim de dois meses anteriores ( $t-1$ ), sendo assim, torna-se possível realizar comparações com as previsões realizadas pela empresa. Para exemplificar a adequação, considere que o mês atual é junho ( $t$ ) e a previsão futura é para julho ( $t+1$ ). De acordo com as equações dos métodos de previsão, deve-se aguardar finalizar o mês de junho ( $t$ ) para então utilizar este dado para elaborar a previsão de julho ( $t+1$ ). Na prática este tempo é muito curto, e para que a previsão de julho ( $t+1$ ) possa ser elaborada com antecedência, no início de junho ( $t$ ) a previsão de julho é elaborada com base nos dados finais do mês de maio ( $t-1$ ).

Foram realizadas as previsões de demanda mensalmente de janeiro de 2018 a dezembro de 2020, e também foram calculados os erros apresentados no Capítulo 2, erro médio (ME), erro médio absoluto (MAD), erro quadrático média (MSE) e erro percentual absoluto médio (MAPE). Os dados da série histórica de janeiro de 2018 a janeiro de 2019 foram usados como treinamento, ou seja, para a construção dos métodos, os dados de fevereiro de 2019 a dezembro de 2020, foram os dados de validação, utilizados para escolha do melhor método,

onde foi calculado a média do MAPE para este período. Por fim, os dados de janeiro a julho de 2021, foram o teste para avaliação futura.

Para os métodos que possuem coeficientes de suavização (suavização exponencial simples, Brown, Holt, Holt-Winters e média móvel ponderada) utilizou-se a ferramenta Solver do Excel® para encontrar os valores dos índices de forma que o erro percentual absoluto médio (MAPE) fosse minimizado, este valor encontrado é usado para a previsão em todos os meses. Além disso, os índices de suavização em todas as previsões deste trabalho (menos para média móvel ponderada) foram limitados a um intervalo de  $0,01 \leq \alpha \leq 0,99$  conforme Samohyl, Souza e Miranda (2008). A média móvel ponderada não possui estes limites por ser interessante um resultado que ignore um dos meses analisados (o mês não considerado no cálculo possui coeficiente igual a zero) (STAUDT, 2011).

Entretanto, utilizando a ferramenta Solver, os coeficientes podem convergir para ótimos locais, o que não torna possível garantir o ótimo global. Na tentativa de diminuir a possibilidade de convergência em ótimos locais foram testadas combinações de valores iniciais para as variáveis a fim de escolher os melhores resultados, onde o MAPE é diminuído. A escolha desses valores iniciais teve como objetivo abranger a maior quantidade de pontos da função, avaliando, portanto, valores extremos e médios (STAUDT, 2011).

Utilizando como exemplo a família 30x60cm Bold do canal construção civil, para o método de média móvel ponderada foram testados os valores iniciais da Tabela 3 tendo como objetivo aumentar a probabilidade de encontrar o mínimo global da função objetivo que minimizasse o erro percentual absoluto médio (MAPE).

Tabela 3 – Valores iniciais e convergência da média móvel ponderada para 30x60cm Bold

Valores Iniciais				Convergência			
a1	a2	a3	Erro MAPE (%)	a1	a2	a3	Erro MAPE (%)
0,1	0,1	0,8	27,58%	0,53	0,16	0,31	<b>23,65%</b>
0,1	0,8	0,1	28,05%	0,58	0,04	0,38	23,83%
0,8	0,1	0,1	25,30%	0,52	0,17	0,31	23,66%
0,2	0,3	0,5	26,15%	0,55	0,14	0,31	<b>23,65%</b>
0,3	0,2	0,5	25,47%	0,54	0,15	0,31	<b>23,65%</b>
0,3	0,5	0,2	25,76%	0,56	0,13	0,30	<b>23,65%</b>
0,2	0,5	0,3	25,98%	0,53	0,16	0,31	<b>23,65%</b>
0,5	0,3	0,2	24,36%	0,53	0,16	0,31	<b>23,65%</b>
0,5	0,2	0,3	23,72%	0,54	0,15	0,31	<b>23,65%</b>

Fonte: autora (2021).

Os valores em negrito correspondem ao menor erro percentual encontrado para média móvel ponderada três meses, 23,65%. Nos casos onde os parâmetros sejam diferentes, mas a porcentagem é a mesma, optou-se pelo valor que convergiu mais vezes. Neste exemplo, utilizamos  $a_1=0,53$ ,  $a_2=0,16$  e  $a_3=0,31$ .

Para o método da suavização exponencial, também utilizando a família 30x60cm Bold como exemplo, todos os testes convergiram para o valor do MAPE igual a 22,35%, então o valor de  $\alpha$  foi igual a 0,23, como observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores iniciais e convergência da suavização exponencial para 30x60cm Bold

Valores Iniciais		Convergência	
Alfa	Erro MAPE (%)	Alfa	Erro MAPE (%)
0,10	22,83%	0,23	22,35%
0,50	23,37%	0,23	22,35%
0,90	26,71%	0,23	22,35%

Fonte: autora (2021).

Assim como para o método de suavização exponencial, todos os valores testados no método de Brown convergiram para um único erro MAPE, 23,74%, em que o  $\alpha$  considerado foi igual a 0,16, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores iniciais e convergência do método de Brown para 30x60cm Bold

Valores iniciais		Convergência	
Alfa	Erro MAPE (%)	Alfa	Erro MAPE (%)
0,1	25,11%	0,16	23,74%
0,5	33,73%	0,16	23,74%
0,9	51,66%	0,16	23,74%

Fonte: autora (2021).

Para os métodos de Holt e Holt-Winter que possuem dois e três coeficientes de amortização respectivamente, são necessários mais testes devido às possíveis combinações entre os valores. Usando como exemplo a família 30x60cm Bold, para o método de Holt o menor MAPE encontrado foi de 23,42%, com  $\alpha = 0,21$  e  $\beta = 0,10$  e para o método de Holt-Winters o menor MAPE encontrado foi de 29,89%, com  $\alpha = 0,01$ ,  $\beta = 0,50$  e  $\gamma = 0,21$ . Nas Tabelas 6 e 7 é possível observar os resultados.

Tabela 6 - Valores iniciais e convergência do método de Holt para 30x60cm Bold

Valores Iniciais			Convergência		
Alfa	Beta	Erro MAPE (%)	Alfa	Beta	Erro MAPE (%)
0,1	0,1	27,57%	0,21	0,10	<b>23,42%</b>
0,5	0,5	32,28%	0,21	0,22	23,80%
0,9	0,9	50,14%	0,20	0,10	23,44%
0,1	0,5	25,26%	0,21	0,10	23,43%
0,9	0,5	40,11%	0,21	0,10	<b>23,42%</b>
0,1	0,9	25,74%	0,21	0,10	<b>23,42%</b>
0,5	0,1	25,44%	0,20	0,10	23,44%
0,9	0,1	29,70%	0,21	0,10	<b>23,42%</b>
0,5	0,9	41,34%	0,21	0,10	<b>23,42%</b>

Fonte: autora (2021).

Tabela 7 - Valores iniciais e convergência do método de Holt-Winters para 30x60cm Bold

Valores Iniciais				Convergência			
Alfa	Beta	Gama	Erro MAPE (%)	Alfa	Beta	Gama	Erro MAPE (%)
<b>0,1</b>	0,1	0,1	33,93%	0,01	0,48	0,26	30,05%
<b>0,5</b>	0,5	0,5	46,68%	0,01	0,50	0,21	<b>29,89%</b>
<b>0,9</b>	0,9	0,9	85,58%	0,01	0,50	0,21	<b>29,89%</b>
<b>0,1</b>	0,5	0,9	71,19%	0,01	0,50	0,21	29,90%
<b>0,1</b>	0,9	0,5	38,21%	0,01	0,50	0,21	<b>29,89%</b>
<b>0,5</b>	0,1	0,9	42,84%	0,02	0,53	0,19	29,93%
<b>0,5</b>	0,9	0,1	53,66%	0,01	0,50	0,21	<b>29,89%</b>
<b>0,9</b>	0,1	0,5	54,79%	0,01	0,50	0,21	<b>29,89%</b>
<b>0,9</b>	0,5	0,1	66,43%	0,01	0,49	0,24	29,96%

Fonte: autora (2021).

Para não tornar o processo oneroso e que resulte em poucas melhorias na acuracidade não foram realizados mais testes para os coeficientes de alfa, beta e gama.

A partir destes resultados é possível verificar qual coeficiente resulta em um menor erro percentual absoluto médio (MAPE). Este processo foi realizado para todas as famílias e itens que fazem parte do escopo deste trabalho. Na próxima seção é apresentado os melhores métodos de previsão, ou seja, aqueles que obtiveram os menores resultados de erro.

#### 4.5. AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS QUANTITATIVOS DE PREVISÃO

De acordo com Bandeira *et al.* (2020), a escolha do melhor método de previsão pode ser realizada utilizando um histórico que avalia qual método e coeficientes, naqueles que

possuem, é obtido o menor erro. Na medida em que as previsões se aproximam dos dados reais significa que os erros de previsão são mais baixos.

Para este trabalho foi utilizado o erro percentual absoluto médio (MAPE) do ano de 2020 como critério de escolha do melhor método de previsão. Como exemplo, na Tabela 8 pode-se observar as médias de erros de todos os métodos quantitativos de previsão para a família de produtos 30x60cm Bold do canal da construção civil.

Tabela 8 – Média de erros das previsões para 30x60cm Bold

Métodos/ Erros	Erro ME	Erro MAD	Erro MSE	Erro % MAPE
<b>Média Móvel 6P</b>	-6.869,47	14.960,72	429.084.653,83	21,96%
<b>Suavização Exponencial</b>	-6.408,04	15.133,32	428.406.593,69	22,35%
<b>Método Holt</b>	-4.334,61	15.341,57	434.584.836,00	23,42%
<b>Média Móvel Ponderada</b>	-4.436,73	15.519,66	485.792.803,59	23,65%
<b>Média Móvel 12P</b>	-7.571,83	16.374,55	487.298.566,66	23,67%
<b>Método Brown</b>	-2.586,43	15.151,90	424.104.960,72	23,74%
<b>Média Simples</b>	-6.492,25	16.462,91	508.657.873,60	23,83%
<b>Média Móvel Dupla</b>	-6.653,92	16.335,63	482.325.841,07	23,96%
<b>Média Móvel 3P</b>	-4.446,50	16.409,37	484.204.656,20	24,86%
<b>Previsão Ingênua</b>	-3.798,15	18.088,63	608.138.904,61	27,73%
<b>Método Holt Winters</b>	-7.284,86	19.374,38	573.949.119,40	29,89%

Fonte: autora (2021).

Assim como para a família dos produtos 30x60cm Bold foi realizado os mesmos cálculos de erros para as demais famílias e também para os SKU's. No Apêndice E pode ser observado todos os erros para todas as famílias e no Apêndice F para os itens estudados.

Para cada família estudada encontrou-se de forma geral os dois melhores métodos a ser utilizado de acordo com a menor média do MAPE dos dados de validação, como pode-se observar na Tabela 9.

Tabela 9 – Método de previsão com menores MAPE para as famílias

Família	Erro ME	Erro MAD	Erro MSE	Erro % MAPE	Método
<b>30x60cm Bold</b>	-6.869,47	14.960,72	429.084.653,83	21,96%	<b>Média Móvel 6 meses</b>
<b>30x60cm Bold</b>	-6.408,04	15.133,32	428.406.593,69	22,35%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>30x60cm Retificado</b>	-2.571,79	8.056,25	98.483.571,28	15,75%	<b>Média Móvel 12 meses</b>
<b>30x60cm Retificado</b>	-2.163,14	8.114,23	106.181.889,97	15,79%	<b>Média Móvel 6 meses</b>
<b>60x60cm Bold</b>	-9.748,48	14.500,70	339.819.925,81	18,55%	<b>Método Brown</b>
<b>60x60cm Bold</b>	-8.947,99	14.420,55	333.922.048,11	18,75%	<b>Método Holt</b>

<b>60x60cm Retificado</b>	-864,76	14.229,55	330.229.355,70	32,52%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>60x60cm Retificado</b>	-875,25	14.233,61	330.611.078,11	32,54%	<b>Média Móvel Ponderada</b>
<b>60x120cm Corte</b>	-5.919,15	14.201,29	320.428.295,12	35,64%	<b>Método Holt</b>
<b>60x120cm Corte</b>	-6.418,91	14.529,99	333.598.144,55	36,19%	<b>Método Brown</b>

Fonte: autora (2021).

Assim como para as famílias, para os 9 itens que foram calculadas as previsões encontrou-se os melhores métodos quantitativos e os respectivos erros de previsão para 2020. A relação dos métodos com menores erros é mostrada na Tabela 10.

Tabela 10 – Método de previsão com menores MAPE para os itens

<b>Item</b>	<b>Erro ME</b>	<b>Erro MAD</b>	<b>Erro MSE</b>	<b>Erro % MAPE</b>	<b>Método</b>
<b>Item 1</b>	-3.382,83	10.950,75	259.292.982,35	24,79%	<b>Média Móvel Ponderada</b>
<b>Item 1</b>	-5.301,69	12.105,29	293.244.140,79	24,94%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 2</b>	-7.914,80	9.647,62	151.922.858,84	42,28%	<b>Método Holt Winters</b>
<b>Item 2</b>	-3.260,62	8.373,63	95.245.574,36	50,36%	<b>Método Brown</b>
<b>Item 3</b>	-2.845,25	4.710,32	38.029.780,36	185,46%	<b>Método Holt Winters</b>
<b>Item 3</b>	-1.054,09	3.001,46	14.571.550,45	196,97%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 4</b>	-2.722,38	3.483,31	21.623.596,07	64,67%	<b>Método Holt Winters</b>
<b>Item 4</b>	-1.102,47	2.427,04	11.544.181,48	71,18%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 5</b>	-26,53	689,38	789.464,86	298,39%	<b>Média Móvel Ponderada</b>
<b>Item 5</b>	-260,55	488,79	469.610,58	315,17%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 6</b>	-1.589,21	1.713,40	5.796.594,52	65,17%	<b>Método Brown</b>
<b>Item 6</b>	-1.698,98	1.789,33	6.028.540,09	66,24%	<b>Método Holt</b>
<b>Item 7</b>	-1.200,77	1.317,89	3.988.454,21	84,69%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 7</b>	-243,38	1.687,20	5.627.789,22	103,62%	<b>Método Holt-Winters</b>
<b>Item 8</b>	-557,89	561,05	678.854,79	82,02%	<b>Suavização Exponencial</b>
<b>Item 8</b>	-554,88	559,02	674.849,55	82,44%	<b>Método Holt</b>
<b>Item 9</b>	-3.213,95	3.278,85	17.641.611,78	65,33%	<b>Método Brown</b>
<b>Item 9</b>	-67,44	1.966,54	6.560.634,69	70,33%	<b>Média Móvel 6 meses</b>

Fonte: autora (2021).

Com a avaliação dos melhores métodos de previsão pelo julgamento de menor erro percentual absoluto médio tanto para as famílias como para os itens, no próximo capítulo são realizadas as análises.

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISE DE RESULTADOS DAS PREVISÕES DE DEMANDA DAS FAMÍLIAS

A partir dos resultados encontrados utilizando os métodos quantitativos de previsão de demanda, é possível realizar uma comparação entre o estudo e as previsões realizadas pela empresa, que utiliza métodos qualitativos para chegar nas projeções para as famílias de produtos. As previsões foram feitas utilizando como intervalo teste os meses de janeiro a julho de 2021 para avaliação da previsão futura dos métodos quantitativos e feito assim as comparações com as projeções da empresa, para este mesmo período, usando como julgamento os dois métodos de previsão que resultaram em menores erros para cada família, de acordo com a Tabela 9.

Dessa forma, foram relacionados o erro percentual absoluto médio (MAPE) dos métodos quantitativos calculados neste estudo com o MAPE do método qualitativo da empresa, a variação do MAPE quantitativo e MAPE da empresa é apresentado na última coluna das tabelas seguintes. Como mostrado na Tabela 9, para a família 30x60cm Bold o método que obtém o menor MAPE é a média móvel de 6 meses. Na Tabela 11 pode-se observar a relação entre método quantitativo e método da empresa.

Tabela 11 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Bold

30X60cm Bold - Método média móvel 6 meses						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	82.964,76	96.427,13	16,23%	71.386,85	13,96%	2,27%
fev/21	93.509,67	92.142,73	1,46%	70.506,75	24,60%	-23,14%
mar/21	92.736,72	92.041,89	0,75%	65.692,79	29,16%	-28,41%
abr/21	86.843,68	90.874,50	4,64%	66.515,40	23,41%	-18,77%
mai/21	74.263,56	87.574,09	17,92%	77.850,07	4,83%	13,09%
jun/21	85.902,17	90.762,37	5,66%	76.779,73	10,62%	-4,96%
jul/21	64.692,44	86.191,86	33,23%	69.491,58	7,42%	25,81%
<b>Média</b>			<b>11,41%</b>		<b>16,28%</b>	<b>-4,58%</b>

Fonte: autora (2021).

Para a família 30x60cm Bold o método da média móvel 6 meses diminuiu o erro percentual absoluto médio em 4,58% (destacado em vermelho) em comparação ao método utilizado pela empresa. Na Tabela 12 é apresentado a mesma comparação utilizando o segundo método que apresentou menor MAPE na validação, a Suavização Exponencial.

Tabela 12 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Bold

30X60cm Bold - Método Suavização Exponencial						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	82.964,76	86.628,71	4,42%	71.386,85	13,96%	-9,54%
fev/21	93.509,67	86.676,80	7,31%	70.506,75	24,60%	-17,29%
mar/21	92.736,72	85.802,05	7,48%	65.692,79	29,16%	-21,68%
abr/21	86.843,68	87.618,37	0,89%	66.515,40	23,41%	-22,52%
mai/21	74.263,56	88.824,52	19,61%	77.850,07	4,83%	14,78%
jun/21	85.902,17	88.357,73	2,86%	76.779,73	10,62%	-7,76%
jul/21	64.692,44	85.036,40	31,45%	69.491,58	7,42%	24,03%
<b>Média</b>			<b>10,57%</b>		<b>16,28%</b>	<b>-5,71%</b>

Fonte: autora (2021).

Como pode-se observar a variação entre o MAPE do método da suavização exponencial e o método da empresa é de 5,71% (destacado em vermelho), com isso, analisando os sete meses de 2021, este método se adequa melhor para previsão futura da família 30x60cm Bold.

Para a família 30x60cm Retificado o método da média móvel de 12 meses obteve o menor erro percentual absoluto médio no intervalo de validação, a comparação entre o método quantitativo e o método da empresa é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Comparação método quantitativo e da empresa - 30x60cm Retificado

30X60cm Retificado - Método média móvel 12 meses						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	57.573,96	53.480,61	7,11%	61.199,27	6,30%	0,81%
fev/21	88.109,73	54.448,02	38,20%	51.687,35	41,34%	-3,13%
mar/21	61.438,38	54.996,37	10,49%	51.467,75	16,23%	-5,74%
abr/21	52.657,89	58.247,34	10,61%	52.791,86	0,25%	10,36%
mai/21	54.036,74	57.602,35	6,60%	54.021,61	0,03%	6,57%

<b>jun/21</b>	46.939,60	59.448,82	26,65%	55.761,56	18,79%	7,86%
<b>jul/21</b>	52.334,16	59.432,26	13,56%	53.616,70	2,45%	11,11%
<b>Média</b>			<b>16,18%</b>		<b>12,20%</b>	<b>3,98%</b>

Fonte: autora (2021).

Para a família 30x60cm Retificado o método de previsão de demanda quantitativo não alcançou melhores resultados de erros em comparação ao método utilizado pela empresa, onde a variação entre os métodos foi de 3,98% (destacado em vermelho). O método que apresentou segundo menor erro na validação também não obteve melhores resultados.

Na Tabela 14 pode-se observar as comparações para a família 60x60cm Bold, onde o método utilizado pela empresa obteve resultado do MAPE menor que o método de Brown.

Tabela 14 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Bold

<b>60X60cm Bold - Método Brown</b>						
<b>Meses</b>	<b>Realizado</b>	<b>Previsão método quantitativo</b>	<b>MAPE quantitativo</b>	<b>Previsão método empresa</b>	<b>MAPE empresa</b>	<b>Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa</b>
<b>jan/21</b>	99.787,07	57.800,63	42,08%	37.403,52	62,52%	-20,44%
<b>fev/21</b>	77.262,33	56.751,38	26,55%	54.215,56	29,83%	-3,28%
<b>mar/21</b>	60.949,43	60.251,17	1,15%	55.779,77	8,48%	-7,34%
<b>abr/21</b>	42.441,50	60.938,36	43,58%	50.802,81	19,70%	23,88%
<b>mai/21</b>	36.701,91	59.752,58	62,81%	66.905,47	82,29%	-19,49%
<b>jun/21</b>	49.932,05	56.602,67	13,36%	58.292,95	16,74%	-3,39%
<b>jul/21</b>	9.783,51	53.103,47	442,79%	41.437,66	323,55%	119,24%
<b>Média</b>			<b>90,33%</b>		<b>77,59%</b>	<b>12,74%</b>

Fonte: autora (2021).

Um ponto que chama atenção é o valor realizado de julho (linha destacada) onde há um outlier que faz com que o MAPE do método quantitativo aumente consideravelmente para este mês, assim como para o método da empresa. Realizando uma análise apenas para os meses de janeiro a junho o método de Brown obtém uma média de 31,6%, enquanto o método da empresa de 36,6%, ou seja, removendo o outlier o método quantitativo obtém bons resultados para a família 60x60cm Bold. Esse outlier deve ser investigado para entendimento do comportamento da série, pois pode alterar projeções futuras.

Já para a família 60x60cm Retificado, o método de suavização exponencial obteve menor MAPE na validação, no entanto, para 2021 o método não é melhor que o da empresa. As comparações entre o método quantitativo e da empresa podem ser observadas na Tabela 15,

como para a família anterior em julho também há a presença de um outlier que faz com o MAPE suba consideravelmente, como pode-se observar de janeiro a maio o MAPE do método quantitativo vinha obtendo valores inferiores ao método da empresa. A média de variação entre os métodos é destacada em vermelho.

Tabela 15 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Retificado

60x60cm Retificado - Suavização Exponencial						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	63.224,59	72.537,66	14,73%	29.637,79	53,12%	-38,39%
fev/21	51.734,54	58.670,66	13,41%	35.754,13	30,89%	-17,48%
mar/21	55.179,41	62.779,12	13,77%	45.423,23	17,68%	-3,91%
abr/21	54.194,14	52.814,93	2,54%	50.474,12	6,86%	-4,32%
mai/21	87.893,52	54.948,12	37,48%	54.406,80	38,10%	-0,62%
jun/21	78.841,62	54.267,89	31,17%	57.957,06	26,49%	4,68%
jul/21	26.473,59	84.604,25	219,58%	44.400,28	67,72%	151,86%
<b>Média</b>			<b>47,53%</b>		<b>34,41%</b>	<b>13,12%</b>

Fonte: autora (2021).

Assim como para a família 30x60cm Bold, analisando o segundo método de previsão com menor MAPE, percebeu-se que o método da média móvel ponderada obteve resultado do erro percentual média para o ano de 2021 menor que o método de suavização exponencial, assim como em comparação ao método da empresa, como mostrado na Tabela 16, onde a média de variação entre os métodos é de 4,55% (destacada em vermelho).

Tabela 16 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x60cm Retificado

60x60cm Retificado - Média Móvel Ponderada						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	63.224,59	56.858,32	10,07%	29.637,79	53,12%	-43,05%
fev/21	51.734,54	56.866,90	9,92%	35.754,13	30,89%	-20,97%
mar/21	55.179,41	57.038,73	3,37%	45.423,23	17,68%	-14,31%
abr/21	54.194,14	56.899,14	4,99%	50.474,12	6,86%	-1,87%
mai/21	87.893,52	56.855,05	35,31%	54.406,80	38,10%	-2,79%
jun/21	78.841,62	56.788,52	27,97%	57.957,06	26,49%	1,48%

<b>jul/21</b>	26.473,59	57.547,18	117,38%	44.400,28	67,72%	49,66%
<b>Média</b>			<b>29,86%</b>		<b>34,41%</b>	<b>-4,55%</b>

Fonte: autora (2021).

Por fim, a família 60x120cm Corte, a comparação entre método quantitativo de Holt pelo da empresa pode ser observado na Tabela 17. A variação do erro percentual absoluto médio é apenas de 0,09% (destacado em vermelho), com o método utilizado pela empresa possuindo MAPE menor.

Tabela 17 – Comparação método quantitativo e da empresa - 60x120cm Corte

<b>60X120cm Corte - Método Holt</b>						
<b>Meses</b>	<b>Realizado</b>	<b>Previsão método quantitativo</b>	<b>MAPE quantitativo</b>	<b>Previsão método empresa</b>	<b>MAPE empresa</b>	<b>Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa</b>
<b>jan/21</b>	31.951,07	44.330,15	38,74%	25.701,07	19,56%	19,18%
<b>fev/21</b>	46.731,41	41.874,72	10,39%	23.829,78	49,01%	-38,61%
<b>mar/21</b>	35.444,50	40.169,34	13,33%	31.319,03	11,64%	1,69%
<b>abr/21</b>	34.820,40	40.347,50	15,87%	37.098,62	6,54%	9,33%
<b>mai/21</b>	46.907,46	39.215,35	16,40%	41.381,53	11,78%	4,62%
<b>jun/21</b>	50.874,90	38.136,02	25,04%	41.968,24	17,51%	7,53%
<b>jul/21</b>	29.238,92	38.565,01	31,90%	39.466,11	34,98%	-3,08%
<b>Média</b>			<b>21,67%</b>		<b>21,57%</b>	<b>0,09%</b>

Fonte: autora (2021).

Percebeu-se que os métodos quantitativos estudados neste trabalho obtêm resultados satisfatórios para calcular a demanda para as famílias que possuem classificação de demanda regular, visto que, para as famílias 30x60cm Bold e 60x60cm Retificado o erro é diminuído, para a família 60x120cm Corte os erros são muito próximos e para a família 60x60cm Bold quando há tratamento de outlier o erro também é reduzido. De forma geral, a média de erro para as cinco famílias utilizando os métodos quantitativos de previsão ficou em 22%, já para o método da empresa a média de erro fica em 24,2%. Isto nos faz concluir que os métodos aplicados são eficientes para prever as demandas.

Portanto, as projeções calculadas pelos métodos quantitativos servem como um bom dado de entrada para posteriormente passar pelas etapas do S&OP, e com isso os especialistas poderem chegar em um plano de vendas final mais próximo do real. Ou seja, com as previsões de demanda calculadas utilizando os métodos quantitativos que diminuem os erros é possível

fazer uma análise qualitativa, já que os especialistas da área de S&OP possuem informações comerciais, de preço, de produção, além de outras, e podem assim adequar as previsões a realidade da empresa e chegar em um plano de vendas que seja o ideal.

Partindo das projeções para as famílias, na próxima seção é analisada a estratégia top-down e em seguida a abordagem bottom-up para as duas famílias definidas no escopo deste trabalho.

## 5.2. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS TOP-DOWN E BOTTOM-UP

Com a previsão das famílias de produtos, foram analisadas as projeções dos SKU's utilizando a estratégia top-down e bottom-up. Para a abordagem top-down é necessário calcular os percentuais de participação de cada item e multiplicá-lo pela previsão da família. O percentual de participação foi calculado pela relação entre as previsões quantitativas que obtiveram menor MAPE para cada item e o previsto para a família. Para a família 30x60cm Bold o resultado da previsão de demanda para os itens 1 e 2 pela estratégia top-down a partir do método de suavização exponencial (método com menor MAPE da família) são mostrados na Tabela 18, assim como os seus respectivos percentuais de participação para cada mês e erros absolutos percentuais médios (MAPE).

Tabela 18 – Previsão top-down - 30x60cm Bold

Meses	% Item 1	Previsão Item 1	MAPE Item 1	% Item 2	Previsão Item 2	MAPE Item 2
jan/21	78,8%	68.252,97	44,0%	21,2%	18.375,74	48,1%
fev/21	78,4%	67.956,40	10,2%	21,6%	18.720,40	4,8%
mar/21	77,4%	66.377,52	8,8%	22,6%	19.424,53	1,6%
abr/21	77,9%	68.273,51	5,6%	22,1%	19.344,86	32,9%
mai/21	77,6%	68.893,85	46,3%	22,4%	19.930,68	26,6%
jun/21	78,9%	69.706,01	1,6%	21,1%	18.651,72	7,9%
jul/21	77,2%	65.618,27	59,1%	22,8%	19.418,14	17,2%
<b>Média</b>			<b>25,07%</b>			<b>19,89%</b>

Fonte: autora (2021).

Na Tabela 19 é apresentada a comparação entre o MAPE do método quantitativo e o do método da empresa, a análise pode ser realizada apenas a partir de fevereiro de 2021, visto que anteriormente a isso a empresa não calculava a previsão dos SKU's por canais de venda e sim de forma agregada.

Tabela 19 – Comparação MAPE para estratégia top-down - 30x60cm Bold

Meses	Método quantitativo		Método empresa	
	MAPE Item 1	MAPE Item 2	MAPE Item 1	MAPE Item 2
jan/21	-	-	-	-
fev/21	10,2%	4,8%	32,4%	8,0%
mar/21	8,8%	1,6%	34,9%	7,9%
abr/21	5,6%	32,9%	37,2%	5,6%
mai/21	46,3%	26,6%	24,0%	28,3%
jun/21	1,6%	7,9%	13,6%	1,0%
jul/21	59,1%	17,2%	27,0%	27,0%
<b>Média</b>	<b>21,92%</b>	<b>15,19%</b>	<b>28,18%</b>	<b>12,96%</b>

Fonte: autora (2021).

Portanto, utilizando o método da suavização exponencial para calcular a previsão dos SKU' e empregando a estratégia top-down, o Item 1 obteve menor erro que o método utilizado pela empresa, uma variação de 6,26%, enquanto para o Item 2 observa-se o contrário.

Partindo para a estratégia bottom-up, para o Item 1, o método da média móvel ponderada obteve o menor MAPE, seguido pelo método de suavização exponencial. Na Tabela 20 e 21 são apresentadas as previsões utilizando estes dois métodos, assim como a comparação com o método da empresa.

Tabela 20 – Comparação método média móvel ponderada e da empresa - Item 1

Item 1 - Método média móvel ponderada						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método empresa	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	47.413,57	57.199,26	-	-	-	-
fev/21	75.652,62	75.984,19	0,44%	51.150,83	32,39%	-31,95%
mar/21	72.812,04	68.170,24	6,38%	47.381,11	34,93%	-28,55%
abr/21	72.292,77	54.999,51	23,92%	45.412,21	37,18%	-13,26%
mai/21	47.100,28	73.886,60	56,87%	58.387,55	23,96%	32,91%
jun/21	68.623,28	72.803,45	6,09%	59.269,30	13,63%	-7,54%
jul/21	41.239,83	66.484,87	61,22%	52.369,93	26,99%	34,23%
<b>Média</b>			<b>25,82%</b>		<b>28,18%</b>	<b>-2,36%</b>

Fonte: autora (2021).

Tabela 21 – Comparação método suavização exponencial e empresa - Item 1

<b>Item 1 - Método suavização exponencial</b>						
<b>Meses</b>	<b>Realizado</b>	<b>Previsão método quantitativo</b>	<b>MAPE quantitativo</b>	<b>Previsão método empresa</b>	<b>MAPE empresa</b>	<b>Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa</b>
<b>jan/21</b>	47.413,57	63.117,92	-	-	-	-
<b>fev/21</b>	75.652,62	65.808,28	13,01%	51.150,83	32,39%	-19,37%
<b>mar/21</b>	72.812,04	61.353,02	15,74%	47.381,11	34,93%	-19,19%
<b>abr/21</b>	72.292,77	64.816,43	10,34%	45.412,21	37,18%	-26,84%
<b>mai/21</b>	47.100,28	66.752,99	41,73%	58.387,55	23,96%	17,76%
<b>jun/21</b>	68.623,28	68.094,74	0,77%	59.269,30	13,63%	-12,86%
<b>jul/21</b>	41.239,83	63.009,82	52,79%	52.369,93	26,99%	25,80%
<b>Média</b>			<b>22,40%</b>		<b>28,18%</b>	<b>-5,78%</b>

Fonte: autora (2021).

Já para o Item 2, o método de Holt-Winter foi o que obteve menor MAPE, seguido pelo método de Brown. Na Tabela 22 e 23 são apresentadas as previsões para estes dois métodos, assim como a comparação com o método da empresa.

Tabela 22 – Comparação método Holt-Winters e empresa - Item 2

<b>Item 2 - Método Holt-Winters</b>						
<b>Meses</b>	<b>Realizado</b>	<b>Previsão método quantitativo</b>	<b>MAPE quantitativo</b>	<b>Previsão método empresa</b>	<b>MAPE empresa</b>	<b>Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa</b>
<b>jan/21</b>	35.429,47	27.867,13	-	-	-	-
<b>fev/21</b>	17.857,05	16.362,89	8,37%	19.291,02	8,03%	0,34%
<b>mar/21</b>	19.733,15	19.812,77	0,40%	18.175,40	7,89%	-7,49%
<b>abr/21</b>	14.550,91	17.105,59	17,56%	15.358,61	5,55%	12,01%
<b>mai/21</b>	27.163,28	27.393,87	0,85%	19.462,52	28,35%	-27,50%
<b>jun/21</b>	17.278,89	28.221,48	63,33%	17.446,07	0,97%	62,36%
<b>jul/21</b>	23.452,61	25.976,58	10,76%	17.121,65	26,99%	-16,23%
<b>Média</b>			<b>16,88%</b>		<b>12,96%</b>	<b>3,91%</b>

Fonte: autora (2021).

Tabela 23 – Comparação método de Brown e empresa - Item 2

<b>Item 2 - Método Brown</b>
------------------------------

Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	MAPE quantitativo	Previsão método qualitativo	MAPE qualitativo	Diferença MAPE quantitativo - MAPE qualitativo
jan/21	35.429,47	18.932,14	-	-	-	-
fev/21	17.857,05	18.394,98	3,01%	19.291,02	8,03%	-5,02%
mar/21	19.733,15	19.426,86	1,55%	18.175,40	7,89%	-6,34%
abr/21	14.550,91	19.223,00	32,11%	15.358,61	5,55%	26,56%
mai/21	27.163,28	19.157,56	29,47%	19.462,52	28,35%	1,12%
jun/21	17.278,89	18.747,26	8,50%	17.446,07	0,97%	7,53%
jul/21	23.452,61	19.210,37	18,09%	17.121,65	26,99%	-8,91%
<b>Média</b>			<b>15,46%</b>		<b>12,96%</b>	<b>2,49%</b>

Fonte: autora (2021).

Com os cálculos das previsões de demanda que obtiveram os menores erros é calculado a previsão de demanda para a família pela abordagem bottom-up, utilizando o método com menor MAPE (Item 1 o método de suavização exponencial e Item 2 o método de Brown). Na Tabela 24 pode-se observar que o erro percentual absoluto médio obtém menor valor para a família quando é calculada a previsão pela estratégia Bottom-up. O método Top-down obteve erro de 10,57% utilizando o método de suavização exponencial, enquanto pela abordagem bottom-up obteve erro de 9,47% (destacado em vermelho).

Tabela 24 – Estratégia Bottom-Up para família 30x60cm Bold

30x60cm Bold			
Meses	Realizado	Previsto	MAPE
jan-21	82.964,76	82.050,06	1,11%
fev-21	93.509,67	84.203,25	11,05%
mar-21	92.736,72	80.779,88	14,80%
abr-21	86.843,68	84.039,42	3,34%
mai-21	74.263,56	85.910,55	13,56%
jun-21	85.902,17	86.842,00	1,08%
jul-21	64.692,44	82.220,19	21,32%
		<b>Média</b>	<b>9,47%</b>

Fonte: autora (2021).

Portanto, analisando a acurácia da previsão a abordagem bottom-up consegue alcançar um erro percentual absoluto médio para a família 30x60cm Bold menor em relação a abordagem top-down. No entanto, a decisão de qual abordagem utilizar depende também do

comportamento da série. Analisando o Efeito portfólio percebe-se que os itens possuem correlação positiva fraca, como observado na Tabela 25. De acordo com Ferreira (2006), quando os itens estão positivamente correlacionados a abordagem bottom-up traz resultados melhores. Uma correlação pode variar de -1 a 1, onde o sinal indica direção positiva e negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Valores entre 0,10 e 0,29 te correlação fraca, 0,30 a 0,49 média e 0,5 a 1 forte. Ou seja, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação (FIGUEIREDO; SILVA, 2009).

Além do critério acima mencionado de correlação fraca, média e forte, o valor de  $p$  também foi observado. O valor de  $p$  está relacionado ao quanto de confiança o dado possui, neste trabalho está relacionado a probabilidade de aceitar que o item possui relação com outro ou não, com isso, para valores de  $p$  menor ou igual à 0,05 significa que a hipótese zero deve ser rejeitada (hipótese zero = indicadores não possuem correlação) (MINITAB, 2018). Como pode-se observar na Tabela 25 o valor de  $p$  obteve valor de 0,20 e está fora do intervalo de significância menor ou igual à 0,05, ou seja, a hipótese zero é aceita, o que indica que os dados não fornecem evidências de que os itens são correlacionados.

Tabela 25 – Correlação SKU's da família 30x60cm Bold

<b>Correlação</b>	<b>Item 2</b>
<b>Item 1</b>	0,2011
<b><math>p</math></b>	0,2000

Fonte: autora (2021).

Já para a família 60x60cm Bold (com 10 itens), considerou-se que os sete itens estudados são os únicos que fazem parte da família. Fazendo a análise da estratégia top-down, foram calculados os percentuais de participação de cada SKU, pela relação entre as previsões quantitativas que obtiveram menor MAPE de cada item e previsto para a família. Na Tabela 26 pode-se observar os erros absolutos percentuais médios das previsões.

Tabela 26 – MAPE estratégia top-down família - 60x60cm Bold

<b>Meses</b>	<b>MAPE Item 3</b>	<b>MAPE Item 4</b>	<b>MAPE Item 5</b>	<b>MAPE Item 6</b>	<b>MAPE Item 7</b>	<b>MAPE Item 8</b>	<b>MAPE Item 9</b>
<b>jan/21</b>	220,3%	7475,5%	18,3%	3,5%	61,0%	58,6%	1170,6%
<b>fev/21</b>	335,6%	15,1%	442,2%	104,3%	31,7%	89,8%	320,6%
<b>mar/21</b>	215,7%	288,2%	1776,5%	104,1%	33,1%	34,0%	197,5%
<b>abr/21</b>	87,8%	779,0%	665,0%	22,0%	40,4%	260,6%	138,3%

<b>mai/21</b>	1236,0%	188,4%	968,0%	15,7%	6,2%	90,2%	52,0%
<b>jun/21</b>	60,9%	342,5%	22,0%	182,0%	65,2%	89,1%	67,2%
<b>jul/21</b>	228,9%	540,8%	5,8%	524,4%	1568,9%	14,6%	1081,5%
<b>Média</b>	<b>360,8%</b>	<b>359,0%</b>	<b>646,6%</b>	<b>158,8%</b>	<b>290,9%</b>	<b>96,4%</b>	<b>309,5%</b>

Fonte: autora (2021).

O MAPE teve resultados muito elevados, onde a média para os sete itens fica em 317%, ou seja, utilizando o método de Brown (método com menor MAPE para família 60x60cm Bold) para calcular a previsão dos SKU' e empregando a estratégia top-down, para todos os itens os resultados dos erros percentuais absolutos foram altos, indicando assim que a acuracidade por essa estratégia de previsão não traz bons resultados. Na Tabela 27 estão os erros percentuais absolutos pelo método da empresa, a média para os sete itens fica em 256%, um valor muito elevado também.

Tabela 27 – MAPE estratégia top-down método empresa - 60x60cm Bold

Meses	MAPE Item 3	MAPE Item 4	MAPE Item 5	MAPE Item 6	MAPE Item 7	MAPE Item 8	MAPE Item 9
<b>jan/21</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>fev/21</b>	236,2%	65,2%	123,8%	23,6%	42,4%	28,0%	38,3%
<b>mar/21</b>	16,3%	2,2%	1089,5%	4,7%	25,3%	36,6%	2,4%
<b>abr/21</b>	165,7%	250,8%	602,5%	23,5%	29,0%	390,0%	33,6%
<b>mai/21</b>	542,5%	92,0%	1217,7%	32,2%	182,9%	83,4%	17,9%
<b>jun/21</b>	83,0%	24,5%	22,2%	95,8%	39,2%	90,6%	25,6%
<b>jul/21</b>	215,2%	154,1%	41,9%	419,2%	3471,5%	41,9%	631,4%
<b>Média</b>	<b>209,8%</b>	<b>98,1%</b>	<b>516,2%</b>	<b>99,8%</b>	<b>631,7%</b>	<b>111,7%</b>	<b>124,8%</b>

Fonte: autora (2021).

Já para a estratégia bottom-up, as previsões pelos métodos quantitativos que obtiveram menores resultado de MAPE para cada item assim como as comparações com o método da empresa são apresentadas no apêndice G. Na Tabela 28 é apresentado a previsão para a família 60x60cm Bold empregando a abordagem bottom-up.

Tabela 28 - Estratégia Bottom-Up - 60x60cm Bold

<b>60x60cm Bold</b>			
Meses	Realizado	Previsto	MAPE
<b>jan-21</b>	19.607,85	11.039,92	43,70%
<b>fev-21</b>	33.340,67	12.052,31	63,85%
<b>mar-21</b>	22.362,14	11.717,14	47,60%

<b>abr-21</b>	26.306,30	12.030,37	54,27%
<b>mai-21</b>	36.995,03	12.244,95	66,90%
<b>jun-21</b>	52.589,22	12.703,14	75,84%
<b>jul-21</b>	10.366,09	13.787,31	33,00%
		<b>Média</b>	<b>55,02%</b>

Fonte: autora (2021).

Com isso, analisando a acurácia da previsão a abordagem bottom-up consegue alcançar um erro percentual absoluto médio para a família 60x60cm Bold menor em relação a abordagem top-down, que foi de 90,33% utilizando o método de Brown e o método da empresa 77,59%. Vale destacar que para estratégia bottom-up está sendo considerado apenas os setes itens analisados. Na Tabela 29 é apresentada a correlação dos itens, onde apenas um deles possui correlação negativa fraca, o Item 5, os Itens 3, 4, 6 e 9 possuem correlação positiva fraca, o Item 8 positiva média e o Item 7 positiva forte, segundo Figueiredo e Silva (2009). De acordo com Ferreira (2006), quando os itens estão positivamente correlacionados a abordagem bottom-up traz resultados melhores, e a estratégia top-down é recomendada quando os itens estão negativamente correlacionados. Além disso, como para família 30x60cm Bold, também é apresentado o valor de  $p$  para avaliar a confiança da correlação, como observa-se na Tabela 29, os itens 7 e 8 possuem  $p$  menor que 0,05, logo pode-se afirmar com maior certeza estatística que os itens são correlacionados, já que a hipótese zero é rejeitada, assim os itens possuem correlação, o restante dos itens não possui correlação com os outros, visto que a hipótese zero é aceita, indicando assim que não há correlação.

Tabela 29 – Correlação SKU's da família 60x60cm Bold

<b>Correlação</b>	<b>Item 3</b>	<b>Item 4</b>	<b>Item 5</b>	<b>Item 6</b>	<b>Item 7</b>	<b>Item 8</b>	<b>Item 9</b>
<b>Soma outros itens</b>	0,2240	0,1687	-0,1798	0,2043	0,5002	0,4826	0,2468
<b><math>p</math></b>	0,1487	0,2795	0,2485	0,1889	0,0006	0,0010	0,1106

Fonte: autora (2021).

Por fim, analisando os custos de implementação e operação, a metodologia top-down utilizada pela empresa não traz melhores resultados que a abordagem bottom-up, visto que, as porcentagens de participação dos SKU's são determinadas e atualizadas mensalmente, sendo assim não há diferenças entre as duas abordagens já que os custos serão muitos parecidos.

Portanto, para as duas famílias avaliadas a estratégia bottom-up resulta em melhores resultados de acurácia, ou seja, o erro absoluto percentual médio é diminuído. A média da diferença do erro percentual absoluto para as duas famílias entre a abordagem bottom-up e a top-down é de aproximadamente 18% e de 20% em relação ao método utilizado pela empresa.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As empresas buscam cada vez maior eficiência ao atendimento aos clientes, para isto é preciso um planejamento que seja capaz de atender os consumidores com os produtos certos, na hora correta e com a quantidade demandada. Este planejamento é realizado muitas vezes no curto, médio e longo prazo, para que assim a empresa tenha conhecimento de seu futuro e objetivos que quer alcançar. A previsão de demanda é um dos grandes desafios atualmente. Como apresentado no Capítulo 2 existem muitos métodos para realizar o planejamento da produção, métodos quantitativos, que fazem uso de séries históricas para encontrar padrões e são o foco deste estudo, e os qualitativos, que são baseados na experiência e julgamento de especialistas.

A empresa analisada neste trabalho utiliza o método qualitativo para realizar as previsões de demanda. As projeções são realizadas mensalmente tendo como base o faturamento, a entrada e carteira de pedidos. É utilizada a estratégia top-down, onde é feita as previsões para as famílias no início de cada mês e no final do mês é realizada a demanda de todos os SKU's para cada canal de venda.

Este estudo teve como objetivo avaliar métodos quantitativos de previsão de demanda que buscassem melhorar a acuracidade das projeções, focando nos principais canais de vendas da empresa e nas principais famílias de produtos que possuem classificação de demanda regular e realizar uma avaliação das estratégias top-down e bottom-up. Assim, foram determinadas cinco famílias para realizar as previsões utilizando os métodos quantitativos, e destas foram escolhidas duas para realizar as previsões de cada SKU e avaliar qual abordagem de previsão traz melhores resultados.

No que diz respeito ao objetivo geral da pesquisa, e os objetivos específicos, estes foram alcançados, visto que, conseguiu-se testar e avaliar os melhores métodos quantitativos para as famílias e SKU's, assim como realizar as comparações com o método de previsão realizado pela empresa. As previsões realizadas pelos métodos quantitativos obtiveram bons resultados para algumas famílias, ou seja, apresentaram uma porcentagem de erro baixa, mas para outras nem tanto assim. O mesmo aconteceu para as previsões a nível item.

Analisando as estratégias de previsão para a família do 30x60cm Bold e 60x60cm Bold, a estratégia bottom-up apresentou um menor MAPE em comparação a estratégia top-down, assim a medida de acurácia da previsão foi melhorada. Vale destacar também que com a estratégia bottom-up os erros percentuais absolutos obtiveram menores resultados que o

método utilizado pela empresa, e analisando os custos de implementação e operação, a estratégia top-down não traz melhores resultados que a bottom-up, uma vez que, os percentuais de participação dos produtos são atualizados mensalmente, assim sendo, não há diferenças entre as abordagens nesse fator.

A partir dos resultados a empresa poderá fazer uso dos métodos quantitativos estudados neste trabalho, aproveitando os especialistas da área assim como as informações de mercado, que poderão ser melhoradas e refinadas a análise quantitativa. Como estudos futuros sugerem-se, a aplicação de outros métodos quantitativos com modelos abertos que utilizam séries temporais, aplicação da análise de julgamento aos métodos utilizados neste estudo avaliação de outros critérios para seleção dos melhores métodos de previsão, uma análise com maior detalhamento dos dados utilizados neste trabalho, fazendo um estudo junto a empresa das causas dos outliers, visto que em 2020 houve início a Pandemia de COVID-19 em que acabou impactando diretamente as empresas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY. **Dictionary**. 14th. ed. Chicago: APICS, 2013.

AMERICAN PRODUCTION AND INVENTORY CONTROL SOCIETY. **CPIM Certified in production and inventory management**. Chicago: APICS, 2016.

ANGELO, F. C.; FOUTO, N. M. M. D.; LUPPE, M. R. Previsão de vendas no varejo brasileiro: uma avaliação a partir de diferentes técnicas quantitativas. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 172-193, abr. 2013.

AROZO, R **Sales and operations planning** – uma maneira simples de obter ganhos com integração interna. In: WANKE, P.; JULIANELLI, L. (Org.). Previsão de vendas: processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos. São Paulo: Atlas, 2006. Cap.11.

ÁVILA, P. *et al.* Design of a Sales and Operations Planning (S&OP) process – case study. **Procedia Cirp**, Porto, v. 81, p. 1382-1387, 2019.

BAGNI, G.; MARÇOLA, J. A. Avaliação da maturidade do processo de S&OP em uma empresa de material de escrita: um estudo de caso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 1, p. 1-15, mar. 2019.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. São Paulo: Bookman Editora, 2006.

BANDEIRA, S. G *et al.* Comparison of selection and combination strategies for demand forecasting methods. **Production**, vol. 30, 2020.

BARBEIRO, F. M. **Metodologia de implementação de planejamento de vendas e operações**: estudo de caso em manufatura de produção para estoque. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BARBIERI, J.; MACHLINE, C. **Logística Hospitalar**: Teoria e Prática. Ed.2ª. São Paulo: Saraiva, 2009

BONOTTO, G.; FOGLIATTO, F. S. **Previsão de demanda a partir de métodos quantitativos aplicada ao setor varejista**. 2015. TCC (Graduação em Engenharia de Produção) –Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

BORSATO, R.; CORSO, L. L. Aplicação de inteligência artificial e ARIMA na previsão de demanda no setor metal mecânico. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 165-176, jan. 2019.

BOYLAN, J.; SYNTETOS, A.; KARAKOSTAS, G. C. Classification for forecasting and stock control: a case study. **Journal Of The Operational Research Society**, v. 59, n. 4, p. 473-481, abr. 2008

- CAVALHEIRO, D. **Método de previsão aplicada ao planejamento da produção de indústrias de alimentos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- CORRAR, LUIZ J. & THEÓFILO, CARLOS RENATO. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração**. São Paulo: Editora Atlas, 2004
- CORRÊA, H. L., CORRÊA, C.A.: **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2009.
- DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: uma abordagem logística**. São Paulo: Atlas, 2010.
- FERREIRA, L. J. **Comparação entre as abordagens top-down e bottom-up para previsão de vendas**. In: WANKE, P.; JULIANELLI, L. (Org.). *Previsão de vendas: processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos*. São Paulo: Atlas, 2006. Cap.6, p. 154-166.
- FIQUEIREDO, D.B.; SILVA, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r)\*. **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.
- GELLY, P. Managing bottom-up and top-down approaching: ocean spray's experience. **The Journal of Business Forecasting Methods & Systems**, v. 18, n. 4, p. 3-6, 1999.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010
- IVANOV, D.; TSIPOULANDIS, A.; SCHÖNBERGER, J. **Global Supply Chain and Operations Management**. Editora Springer, 2017.
- KAHN, K. Benchmarking sales forecasting performance measures. **The Journal of Business Forecasting**, p. 19-23, 1998.
- LAHLOUA, N.; BARKANY, A. E. Sales and Operations Planning (S&OP) concepts and models under constraints: literature review. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 34, p. 171-188, jan. 2018.
- LAPIDE, L. Top-down & Bottom-up forecasting in S&OP. **The Journal of Business Forecasting**, 2006.
- LAWRENCE, K. D.; KLIMBERG, R. K.; LAWRENCE, S. M. **Fundamentals of Forecasting Using Excel**. New York: Industrial Press Inc., 2009.
- MAKRIDAKIS, S.; HYNDMAN, R. J. Forecasting: methods and applications. **Journal of the American Statistical Association**, v. 94, n. 445, p. 345-346, mar. 1999.
- MEIJDEN, L. H.; NUNEN, J. A. E. E. V.; RAMONET, A. Forecasting – bridging the gap between sales and manufacturing. **International journal of production economics**, v. 37, n. 1, p. 101-114, nov. 1994.
- MINITAB18. **Sobre as hipóteses nula e alternativa**. Disponível em: <  
<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic->

statistics/supporting-topics/basics/null-and-alternative-hypotheses/ >. Acesso em: 27 set. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Nova Hamburgo: Feevale, 2013.

PEDROSO, C. B.; SILVA, A. L. Dinâmica de implantação do Sales and Operations Planning: principais desafios. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 22, n. 3, p. 662-677, set. 2015.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2004.

PEIXOTO, E. C.; PINTO, L. R. Gerenciamento de estoques via previsão de vendas agregadas utilizando simulação. **Produção**, v. 16, n. 3, p. 569-581, dez. 2006.

PELLEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. Passos para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda: técnicas e estudo de caso. **Revista Produção**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 43-64, nov. 2001.

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

MANCUZO, F. **Análise de previsão de demanda: estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MEIJDEN, L.D.; VAN NUNEN, J. A.; RAMONDT, A. Forecasting — bridging the gap between sales and manufacturing. **International Journal Of Production Economics**, v. 37, n. 1, p. 101-114, nov. 1994.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. São Paulo: Atual, 2006

SAMOHYL, R. W.; SOUZA, G. P.; MIRANDA, R. G. **Métodos simplificados de previsão empresarial**. Editora Ciência Moderna.2008.

SANTOS, M. *et al.* Cálculo da previsão de demanda de uma multinacional. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3025-3052, 2018.

SYNTETOS, A. **Forecasting of intermittent demand**. 2001. PhD thesis, Brunel University, Londres, 2001.

SYNTETOS, A; BOYLAN, J.; CROSTON, J. D. On the categorization of demand patterns. **Journal Of The Operational Research Society**, v. 56, n. 5, p. 495-503, maio 2005.

SANTOS, A. V. **Análise de modelos se séries temporais para a previsão mensal do imposto de renda**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2003.

STAUDT, F. H.. **Estudo de métodos de previsão de demanda com incorporação de julgamentos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SIQUEIRA, L. G. **Previsão de vendas top-down ou bottom-up?** Um estudo de caso. 2008. Dissertação (Mestrado em Administração) - Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção:** teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

WANKE, P.; JULIANELLI, L. **Previsão de vendas:** processos organizacionais e métodos quantitativos e qualitativos. São Paulo: Atlas, 2006. (Coleção Coppead de Administração).

WERNER, L. **Um modelo composto para realizar previsão de demanda através da integração da combinação de previsões e do ajuste baseado na opinião.** 2004. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ZAN, G. L.; SELBITTO, M. A. Técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de venda de materiais eletro-mecânicos. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Carlos Barbosa, v. 4, p. 95-106, set. 2007.

## APÊNDICE A

Quadro 3 – Famílias com demanda regular e percentual de participação – Construção civil

<b>Família</b>	<b>Participação ABC</b>	<b>Classificação Demanda</b>
30X60cm Bold	15,85%	Smooth demand
30X60cm Retificado	10,86%	Smooth demand
07X26cm Bold	6,59%	Smooth demand
80X80cm Retificado	5,71%	Smooth demand
60X60cm Bold	5,13%	Smooth demand
90X90cm Retificado	4,65%	Smooth demand
10X10cm Bold	4,53%	Smooth demand
60X60cm Retificado	4,11%	Smooth demand
90X90cm Polido	2,60%	Smooth demand
60X60cm Natural	2,13%	Smooth demand
7,5X7,5cm Bold	1,73%	Smooth demand
60X120cm Retificado	1,56%	Smooth demand
60X120cm Corte	0,93%	Smooth demand
15X15cm Bold	0,71%	Smooth demand
90X90cm Natural	0,66%	Smooth demand
60X60cm Polido	0,59%	Smooth demand
120X120cm Retificado	0,58%	Smooth demand
30X9cm Retificado	0,49%	Smooth demand
60X120cm Retificado Polido	0,36%	Smooth demand
120X120cm Retificado Polido	0,31%	Smooth demand
90X180cm Retificado	0,04%	Smooth demand
120X240/270	0,00%	Smooth demand
M2_ESPECIAL	0,00%	Smooth demand
07X24cm Bold	0,00%	Smooth demand
ESMALTADOS_20X20	0,00%	Smooth demand
TIJOLO	0,00%	Smooth demand

## APÊNDICE B

Quadro 4 – Famílias com demanda regular e percentual de participação – Exportação

<b>Formato acabamento</b>	<b>Participação ABC (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Classificação demanda</b>
60X120cm Corte	15,11%	Smooth demand
60X60cm Retificado	11,32%	Smooth demand
60X120cm Retificado	7,40%	Smooth demand
60X120cm Retificado Polido	5,20%	Smooth demand
60X60cm Bold	3,25%	Smooth demand
30X60cm Retificado	2,16%	Smooth demand
120X120cm Retificado	1,78%	Smooth demand
15X15cm Bold	1,10%	Smooth demand
120X120cm Retificado Polido	0,97%	Smooth demand
80X80cm Retificado	0,85%	Smooth demand
07X24cm Bold	0,68%	Smooth demand
20X20cm Bold	0,43%	Smooth demand
90X90cm Retificado	0,19%	Smooth demand
30X90cm Retificado	0,02%	Smooth demand
90X90cm Retificado Polido	0,00%	Smooth demand
07X26cm Bold	0,00%	Smooth demand

## APÊNDICE C

Quadro 5 – Demanda histórica 2018, 2019 e 2020 para as 5 famílias (m<sup>2</sup>)

Período	Canal de vendas				
	Construção civil			Exportação	
	30X60cm Bold	30X60cm Retificado	60X60cm Bold	60x120cm Corte	60X60cm Retificado
jan-18	60.472	34.463	90.738	61.184	56.138
fev-18	67.062	36.344	75.567	51.832	44.454
mar-18	87.024	56.510	82.517	43.214	45.228
abr-18	63.021	43.040	74.756	77.804	63.906
mai-18	47.109	30.063	63.461	55.289	53.564
jun-18	92.162	65.664	84.582	47.829	59.595
jul-18	50.514	56.086	99.085	32.779	46.387
ago-18	81.366	59.512	95.238	45.742	57.546
set-18	46.900	59.769	83.468	46.400	43.285
out-18	56.054	36.822	81.641	43.284	52.481
nov-18	73.589	44.026	88.010	33.025	61.424
dez-18	50.970	37.059	59.649	40.171	61.730
jan-19	50.192	45.977	50.240	20.996	49.394
fev-19	41.879	47.438	72.523	20.973	61.490
mar-19	56.682	49.706	92.935	20.458	37.181
abr-19	61.053	59.798	65.433	42.332	50.778
mai-19	74.514	42.857	76.596	35.348	50.947
jun-19	44.600	40.206	69.724	69.916	183.561
jul-19	49.084	62.746	80.231	54.963	180.097
ago-19	52.139	41.092	78.058	60.324	172.149
set-19	56.220	63.453	70.302	36.680	68.883
out-19	66.801	50.365	89.767	46.847	38.175
nov-19	62.969	54.525	95.724	57.702	47.189
dez-19	60.357	39.817	93.291	39.011	46.262
jan-20	62.416	50.994	68.092	61.721	50.735
fev-20	71.079	49.098	87.308	51.079	66.130
mar-20	59.974	69.178	68.693	62.581	40.156
abr-20	24.777	30.500	55.457	44.363	69.002
mai-20	50.895	54.236	57.891	17.965	14.214
jun-20	128.416	46.509	81.467	45.687	80.090
jul-20	83.570	69.315	60.121	39.906	51.207
ago-20	100.514	59.786	97.234	73.476	74.146
set-20	112.539	62.858	91.133	65.834	60.745
out-20	67.714	62.778	38.793	53.730	74.889
nov-20	101.687	46.698	46.166	41.384	72.421
dez-20	86.833	51.426	60.803	27.716	57.167

## APÊNDICE D

Quadro 6 – Demanda histórica 2018, 2019 e 2020 para itens (m<sup>2</sup>)

Período	30x60cm Bold		60x60cm Bold						
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9
jan-18	31.329	27.885	3.524	7.290	112	1.244	296	-	7.926
fev-18	51.412	15.285	2.735	3.377	333	879	128	-	7.307
mar-18	67.793	17.721	953	4.716	126	612	140	-	9.493
abr-18	45.624	13.892	359	5.896	82	2.337	895	-	5.814
mai-18	23.300	23.034	6.316	2.329	816	524	112	-	5.360
jun-18	68.324	22.878	2.685	3.749	315	835	1.514	-	5.268
jul-18	30.731	19.660	2.559	2.797	618	802	73	-	6.142
ago-18	66.522	14.805	915	1.866	1.313	9.480	3.008	-	6.555
set-18	30.684	15.756	2.240	5.386	1.212	3.113	334	-	9.496
out-18	38.986	16.452	3.684	1.926	546	3.278	566	-	3.532
nov-18	61.986	10.133	9.985	2.914	88	2.374	2.078	-	7.842
dez-18	36.491	14.392	3.221	3.561	55	2.107	19	-	1.818
jan-19	29.827	19.294	2.203	3.136	2.212	2.041	445	-	993
fev-19	30.682	11.196	5.147	1.235	339	1.248	904	-	3.776
mar-19	30.102	26.562	498	2.062	318	1.711	707	-	2.778
abr-19	49.886	11.168	242	5.498	1.076	3.614	355	-	5.053
mai-19	43.927	30.480	961	9.652	134	2.565	2.622	448	3.643
jun-19	31.764	12.272	5.618	5.349	267	3.597	723	39	3.589
jul-19	39.489	9.575	5.354	6.447	1.590	3.862	327	279	3.489
ago-19	42.441	9.272	7.932	4.430	727	3.327	1.051	60	3.917
set-19	35.771	20.449	1.369	4.381	619	1.572	943	689	1.453
out-19	46.381	18.120	4.717	9.032	120	1.786	607	3.142	4.545
nov-19	43.894	18.901	13.768	6.935	218	872	1.518	244	6.277
dez-19	33.820	26.537	12.185	4.827	73	2.367	1.346	1.898	6.109
jan-20	39.282	23.112	1.859	5.129	10	606	299	29	3.882
fev-20	41.736	29.343	2.938	7.655	92	3.082	717	31	3.094
mar-20	49.925	9.473	1.190	2.681	892	1.974	1.405	850	1.797
abr-20	19.507	4.915	1.552	4.387	512	220	3.819	-	5.858
mai-20	35.208	15.007	699	1.218	1.749	1.370	5.796	-	4.285
jun-20	95.493	32.923	380	6.640	61	1.276	2.613	1.629	4.358
jul-20	49.751	33.738	6.815	5.806	2.891	889	1.494	466	7.191
ago-20	66.905	32.906	3.668	17.614	197	5.017	4.072	-	9.689
set-20	82.544	29.922	9.677	13.033	26	6.745	1.567	1.248	1.184
out-20	49.243	18.367	456	842	1.191	2.729	96	574	1.736
nov-20	77.982	23.562	5.183	4.526	165	7.211	2.813	1.092	1.315
dez-20	74.226	12.607	1.009	4.640	1.609	2.450	8.851	92	19.752

## APÊNDICE E

Quadro 7 – Detalhamento dos resultados da aplicação dos métodos de previsão para todas as famílias

Família	Métodos/ Erros	Erro ME	Erro MAD	Erro MSE	Erro % MAPE
<b>30x60cm Bold</b>	Média Móvel 6 meses	-6.869,47	14.960,72	429.084.653,83	21,96%
	Suavização Exponencial	-6.408,04	15.133,32	428.406.593,69	22,35%
	Método Holt	-4.334,61	15.341,57	434.584.836,00	23,42%
	Média Móvel Ponderada	-4.436,73	15.519,66	485.792.803,59	23,65%
	Média Móvel 12 meses	-7.571,83	16.374,55	487.298.566,66	23,67%
	Método Brown	-2.586,43	15.151,90	424.104.960,72	23,74%
	Média Simples	-6.492,25	16.462,91	508.657.873,60	23,83%
	Média Móvel Dupla	-6.653,92	16.335,63	482.325.841,07	23,96%
	Média Móvel 3 meses	-4.446,50	16.409,37	484.204.656,20	24,86%
	Previsão Ingênua	-3.798,15	18.088,63	608.138.904,61	27,73%
	Método Holt-Winters	-7.284,86	19.374,38	573.949.119,40	29,89%
<b>30x60cm Retificado</b>	Média Móvel 12 meses	-2.571,79	8.056,25	98.483.571,28	15,75%
	Média Móvel 6 meses	-2.163,14	8.114,23	106.181.889,97	15,79%
	Suavização Exponencial	-2.974,69	8.214,95	105.042.576,32	15,84%
	Média Simples	-4.234,52	8.486,76	113.225.020,78	16,05%
	Método Holt	-434,10	8.449,04	113.041.533,79	16,82%
	Método Holt-Winters	-1.129,10	7.725,93	125.748.217,15	17,21%
	Método Brown	1.050,72	8.500,91	115.589.664,42	17,35%
	Média Móvel Ponderada	-1.076,37	9.011,79	131.121.953,34	17,96%
	Média Móvel 3 meses	-1.576,88	9.467,37	125.432.580,94	18,59%
	Média Móvel Dupla	-2.042,71	9.745,29	132.685.922,27	18,99%
	Previsão Ingênua	-656,00	10.826,13	151.215.458,40	21,81%
<b>60x60cm Bold</b>	Método Brown	-9.748,48	14.500,70	339.819.925,81	18,55%
	Método Holt	-8.947,99	14.420,55	333.922.048,11	18,75%
	Método Holt-Winters	-63,10	13.507,61	240.710.304,63	19,88%
	Suavização Exponencial	4.586,30	13.370,48	250.369.867,37	20,72%
	Média Simples	4.482,51	13.516,28	251.886.596,84	20,83%

Continuação Quadro 7

	Média Móvel 12 meses	3.272,53	13.749,25	264.808.699,66	20,89%
	Média Móvel 6 meses	1.705,27	14.177,91	274.710.844,42	20,93%
	Média Móvel Ponderada	819,06	14.346,24	357.022.104,68	21,48%
	Média Móvel 3 meses	1.202,26	15.184,83	342.442.856,29	22,52%
	Média Móvel Dupla	608,21	15.890,52	364.523.646,54	22,61%
	Previsão Ingênua	126,96	17.756,60	520.356.288,05	26,83%
<b>60x60cm Retificado</b>	Suavização Exponencial	-864,76	14.229,55	330.229.355,70	32,52%
	Média Móvel Ponderada	-875,25	14.233,61	330.611.078,11	32,54%
	Previsão Ingênua	-802,80	14.556,52	341.285.195,00	32,69%
	Método Holt	2.514,37	13.766,98	339.178.391,95	33,33%
	Média Simples	-3.700,00	14.611,61	308.956.901,28	33,60%
	Método Holt-Winters	-2.561,90	15.926,45	374.296.656,85	34,37%
	Média Móvel 6 meses	-2.353,45	15.986,11	338.468.984,52	35,10%
	Média Móvel 12 meses	-2.502,10	15.278,86	328.683.629,42	35,90%
	Método Brown	239,74	16.532,25	405.165.736,57	36,97%
	Média Móvel 3 meses	-1.312,88	16.552,93	409.761.737,92	37,90%
<b>60x120cm Corte</b>	Média Móvel Dupla	-2.329,10	19.166,30	507.029.961,44	38,79%
	Método Holt	-5.919,15	14.201,29	320.428.295,12	35,64%
	Método Brown	-6.418,91	14.529,99	333.598.144,55	36,19%
	Média Simples	-1.221,02	13.187,37	260.493.136,65	36,63%
	Suavização Exponencial	-1.828,16	13.745,43	289.445.663,89	37,31%
	Média Móvel 6 meses	-2.346,22	14.019,87	311.807.865,05	37,44%
	Média Móvel Dupla	-3.100,36	16.907,74	443.323.004,65	40,21%
	Média Móvel 12 meses	-2.037,22	14.799,74	319.794.510,36	40,34%
	Média Móvel Ponderada	-1.269,72	15.959,67	418.485.491,39	43,01%
	Método Holt-Winters	2.360,39	15.143,74	399.060.588,10	44,23%
	Média Móvel 3 meses	-1.271,84	16.905,60	434.854.079,52	44,68%
	Previsão Ingênua	-344,91	16.907,16	395.387.840,53	44,90%

## APÊNDICE F

Quadro 8 – Detalhamento dos resultados da aplicação dos métodos de previsão para todas os itens

Item	Métodos/ Erros	Erro ME	Erro MAD	Erro MSE	Erro % MAPE
Item 1	Média Móvel Ponderada	-3.382,83	10.950,75	259.292.982,35	24,79%
	Suavização Exponencial	-5.301,69	12.105,29	293.244.140,79	24,94%
	Média Móvel 6 meses	-5.548,82	12.138,18	299.716.353,91	25,08%
	Método Holt	-3.687,62	11.448,85	281.942.539,04	25,18%
	Média Móvel Dupla	-5.215,25	12.161,23	288.923.381,10	26,14%
	Média Móvel 3 meses	-3.996,24	12.387,36	291.591.900,99	26,15%
	Método Brown	-2.156,80	11.735,91	291.071.288,59	26,41%
	Média Móvel 12 meses	-6.053,75	13.229,85	348.690.215,15	26,79%
	Média Simples	-5.145,38	13.368,24	367.145.091,10	27,22%
	Previsão Ingênua	-3.734,33	15.648,88	480.507.042,57	31,84%
	Método Holt-Winters	-5.025,02	16.496,87	429.322.354,36	40,35%
Item 2	Método Holt-Winters	-7.914,80	9.647,62	151.922.858,84	42,28%
	Método Holt	-4.582,78	8.650,88	105.750.289,19	47,36%
	Método Brown	-3.260,62	8.373,63	95.245.574,36	50,36%
	Média Simples	-2.096,03	7.964,48	84.095.680,40	51,24%
	Suavização Exponencial	-1.267,20	7.931,76	82.972.767,92	53,33%
	Média Móvel 12 meses	-1.983,36	8.344,59	89.996.703,43	54,02%
	Média Móvel 6 meses	-1.540,04	8.646,10	98.867.481,82	58,38%
	Média Móvel Dupla	-1.503,43	9.582,14	132.820.796,89	63,22%
	Média Móvel Ponderada	-322,82	8.607,30	123.124.008,05	63,23%
	Previsão Ingênua	-107,95	8.563,43	133.446.922,58	64,41%
Item 3	Média Móvel 3 meses	-541,83	10.149,61	138.273.674,62	69,75%
	Método Holt-Winters	-2.845,25	4.710,32	38.029.780,36	185,46%
	Suavização Exponencial	-1.054,09	3.001,46	14.571.550,45	196,97%
	Média Simples	-502,42	3.134,36	14.392.528,80	239,34%
	Média Móvel Ponderada	-8,53	3.884,16	23.938.930,93	240,72%
	Previsão Ingênua	-33,39	3.929,56	24.641.492,05	244,27%
	Método Holt	152,55	4.119,33	27.969.927,36	248,88%
	Método Brown	25,76	4.301,93	31.071.154,28	249,83%
	Média Móvel 12 meses	37,80	3.207,72	14.234.345,03	271,38%
	Média Móvel 3 meses	155,97	4.018,36	20.821.757,33	273,58%
	Média Móvel 6 meses	37,41	3.901,31	19.425.418,42	314,14%
Média Móvel Dupla	53,81	4.766,56	32.563.843,22	357,53%	

Continuação Quadro 8

<b>Item 4</b>	Método Holt-Winters	-2.722,38	3.483,31	21.623.596,07	64,67%
	Suavização Exponencial	-1.102,47	2.427,04	11.544.181,48	71,18%
	Média Simples	-1.312,77	2.596,23	12.297.572,68	72,35%
	Método Brown	-3.664,22	4.033,27	25.970.797,35	73,91%
	Método Holt	-3.531,82	3.969,79	25.694.727,38	75,57%
	Média Móvel Dupla	-415,02	3.189,80	17.297.891,66	83,39%
	Média Móvel 6 meses	-605,45	2.859,72	13.408.547,50	84,78%
	Média Móvel 12 meses	-859,66	2.752,57	12.729.437,23	85,88%
	Média Móvel Ponderada	-500,21	3.487,26	21.451.195,27	95,28%
	Média Móvel 3 meses	-208,27	3.434,60	18.012.554,45	105,78%
	Previsão Ingênua	-107,34	3.901,08	22.950.861,51	129,76%
<b>Item 5</b>	Média Móvel Ponderada	-26,53	689,38	789.464,86	298,39%
	Suavização Exponencial	-260,55	488,79	469.610,58	315,17%
	Método Holt	-48,47	626,36	685.103,25	378,57%
	Método Holt-Winters	5,62	698,02	798.500,24	408,27%
	Média Simples	-47,50	520,02	411.061,80	510,90%
	Média Móvel Dupla	25,39	612,52	637.891,39	513,06%
	Método Brown	22,45	620,04	582.441,91	532,24%
	Média Móvel 3 meses	-3,00	602,29	519.927,63	541,43%
	Média Móvel 12 meses	-17,14	542,07	427.261,46	547,65%
Média Móvel 6 meses	9,59	556,37	459.605,31	571,48%	
Previsão Ingênua	21,46	653,07	731.766,58	603,01%	
<b>Item 6</b>	Método Brown	-1.589,21	1.713,40	5.796.594,52	65,17%
	Método Holt	-1.698,98	1.789,33	6.028.540,09	66,24%
	Suavização Exponencial	-1.311,23	1.551,55	4.832.848,68	68,89%
	Média Móvel Ponderada	-251,68	1.524,50	3.878.875,09	85,25%
	Método Holt-Winters	-563,13	2.252,38	9.038.607,68	92,70%
	Média Móvel Dupla	-342,73	1.821,48	5.506.813,93	92,85%
	Média Móvel 3 meses	-300,23	1.492,39	3.886.209,85	95,65%
	Média Simples	-429,01	1.365,86	3.425.873,63	96,79%
	Média Móvel 6 meses	-306,26	1.524,79	4.016.869,73	98,17%
	Média Móvel 12 meses	-300,13	1.426,76	3.774.016,19	105,68%
Previsão Ingênua	-239,69	1.351,45	3.632.046,88	106,27%	
<b>Item 7</b>	Suavização Exponencial	-1.200,77	1.317,89	3.988.454,21	84,69%
	Método Holt-Winters	-243,38	1.687,20	5.627.789,22	103,62%
	Média Simples	-888,48	1.150,80	3.239.463,24	107,06%

Continuação Quadro 8

	Média Móvel Ponderada	-268,00	1.287,60	3.438.497,94	125,49%
	Média Móvel 12 meses	-632,78	1.045,17	2.701.868,05	141,30%
	Média Móvel 3 meses	-311,21	1.129,57	3.077.643,84	180,10%
	Média Móvel 6 meses	-389,07	1.074,83	2.703.797,57	192,51%
	Método Holt	-203,86	1.404,35	3.467.078,94	200,57%
	Média Móvel Dupla	-133,03	1.197,82	3.009.166,68	235,69%
	Método Brown	-120,37	1.231,61	3.480.927,90	242,89%
	Previsão Ingênua	-354,15	1.625,49	5.032.581,61	293,55%
<b>Item 8</b>	Suavização Exponencial	-557,89	561,05	678.854,79	82,02%
	Método Holt	-554,88	559,02	674.849,55	82,44%
	Método Brown	-516,22	540,73	626.312,88	98,34%
	Método Holt-Winters	-512,97	540,42	624.483,41	99,54%
	Média Simples	-439,48	507,97	542.061,75	137,44%
	Média Móvel 12 meses	-244,93	447,98	441.693,11	227,69%
	Média Móvel 6 meses	-141,56	445,20	398.627,55	329,69%
	Previsão Ingênua	-92,55	531,44	609.641,14	398,16%
	Média Móvel Dupla	-38,00	460,91	400.907,74	440,39%
	Média Móvel Ponderada	-92,87	517,40	582.195,51	454,86%
Média Móvel 3 meses	-98,07	477,17	449.637,01	485,41%	
<b>Item 9</b>	Método Brown	-3.213,95	3.278,85	17.641.611,78	65,33%
	Média Móvel 6 meses	-67,44	1.966,54	6.560.634,69	70,33%
	Método Holt	-2.792,76	3.178,42	14.869.453,90	70,62%
	Suavização Exponencial	62,69	2.053,74	6.709.166,06	73,21%
	Média Móvel 12 meses	164,23	2.130,87	6.685.491,08	73,58%
	Média Móvel Dupla	-203,96	2.127,10	6.631.959,62	75,18%
	Média Móvel Ponderada	-173,81	2.201,30	7.252.932,54	80,11%
	Média Móvel 3 meses	-145,24	2.304,77	8.287.828,52	84,57%
	Média Simples	925,85	2.253,47	6.815.237,68	84,69%
	Método Holt-Winters	-407,07	2.715,54	10.267.155,46	87,04%
Previsão Ingênua	-356,24	2.669,90	12.026.845,72	88,82%	

## APÊNDICE G

Quadro 9 – Comparativos métodos quantitativos e empresa – Família 60x60cm Bold

<b>Item 3 - Método Suavização Exponencial</b>						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	4.019,38	3.074,94				
fev/21	1.097,93	3.074,94	3.691,17	180,07%	236,19%	-56,13%
mar/21	3.686,87	3.074,94	3.086,63	16,60%	16,28%	0,32%
abr/21	2.111,16	3.074,94	5.610,40	45,65%	165,75%	-120,10%
mai/21	851,19	3.074,94	5.468,80	261,25%	542,49%	-281,24%
jun/21	17.690,82	3.074,94	3.003,02	82,62%	83,02%	-0,41%
jul/21	937,32	3.074,94	2.954,34	228,06%	215,19%	12,87%
			<b>Média</b>	<b>135,71%</b>	<b>209,82%</b>	<b>-74,11%</b>
<b>Item 4 - Suavização Exponencial</b>						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	315,37	4.694,62				
fev/21	18.374,16	4.694,07	6.397,51	74,45%	65,18%	9,27%
mar/21	5.385,95	4.650,28	5.266,77	13,66%	2,21%	11,45%
abr/21	3.112,72	4.787,52	10.919,43	53,81%	250,80%	-197,00%
mai/21	6.283,87	4.793,51	12.063,36	23,72%	91,97%	-68,26%
jun/21	5.126,08	4.776,70	6.381,64	6,82%	24,49%	-17,68%
jul/21	3.468,98	4.791,77	8.813,46	38,13%	154,06%	-115,93%
			<b>Média</b>	<b>35,10%</b>	<b>98,12%</b>	<b>-63,02%</b>
<b>Item 5 - Método Suavização Exponencial</b>						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	1.241,00	385,94				
fev/21	278,87	398,17	624,01	42,78%	123,76%	9,27%
mar/21	65,70	406,59	781,51	518,86%	1089,52%	11,45%
abr/21	164,98	405,32	1.159,06	145,68%	602,55%	-197,00%
mai/21	121,18	401,92	1.596,74	231,67%	1217,66%	-68,26%
jun/21	1.026,38	399,55	798,86	61,07%	22,17%	-17,68%
jul/21	1.401,62	396,77	815,04	71,69%	41,85%	-115,93%
			<b>Média</b>	<b>178,63%</b>	<b>516,25%</b>	<b>-63,02%</b>
<b>Item 6 - Método de Holt</b>						
Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	6.609,45	1.078,30				

fev/21	4.514,32	1.102,28	3.447,92	75,58%	23,62%	51,96%
mar/21	3.775,94	1.177,29	3.954,29	68,82%	4,72%	64,10%
abr/21	10.351,41	1.231,31	7.917,46	88,10%	23,51%	64,59%
mai/21	7.304,41	1.278,89	9.658,55	82,49%	32,23%	50,26%
jun/21	3.130,24	1.407,40	6.128,48	55,04%	95,78%	-40,74%
jul/21	1.559,29	1.506,13	8.095,07	3,41%	419,15%	-415,74%
			<b>Média</b>	<b>62,24%</b>	<b>99,84%</b>	<b>-37,60%</b>

**Item 7 - Método suavização exponencial simples**

Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	5.139,20	761,96				
fev/21	4.518,70	812,30	2.601,37	82,02%	42,43%	39,59%
mar/21	3.877,78	855,57	2.897,26	77,94%	25,29%	52,65%
abr/21	4.663,24	892,20	6.014,20	80,87%	28,97%	51,90%
mai/21	3.165,28	922,06	8.953,06	70,87%	182,85%	-111,98%
jun/21	8.627,14	959,47	5.242,16	88,88%	39,24%	49,64%
jul/21	195,64	981,52	6.987,21	401,70%	3471,46%	-3069,76%
			<b>Média</b>	<b>133,71%</b>	<b>631,71%</b>	<b>-497,99%</b>

**Item 9 - Método de Brown**

Meses	Realizado	Previsão método quantitativo	Previsão método empresa	MAPE quantitativo	MAPE empresa	Diferença MAPE quantitativo - MAPE empresa
jan/21	870,17	916,28				
fev/21	4.069,05	1.830,36	5.627,14	55,02%	38,29%	16,73%
mar/21	4.337,66	1.398,00	4.440,96	67,77%	2,38%	65,39%
abr/21	5.666,27	1.479,82	7.569,06	73,88%	33,58%	40,30%
mai/21	9.634,55	1.601,99	11.354,38	83,37%	17,85%	65,52%
jun/21	8.494,28	1.911,21	6.321,41	77,50%	25,58%	51,92%
jul/21	1.401,62	2.764,26	10.251,41	97,22%	631,40%	-534,18%
			<b>Média</b>	<b>75,79%</b>	<b>124,85%</b>	<b>-49,05%</b>