

Comparação entre métodos de previsão: estudo de caso em uma empresa de logística

GIOVANNI FINI VERISSIMO DA SILVA (INSTITUTO
FEDERAL DE SÃO PAULO)

vsfini@gmail.com

DR. ADRIANO MANIÇOBA DA SILVA (INSTITUTO DE
FEDERAL DE SÃO PAULO)

adriano_m_s@hotmail.com

DR. REGIS CORTEZ BUENO (INSTITUTO DE FEDERAL DE
SÃO PAULO)

regiscb@ifsp.edu.br

RESUMO

Neste artigo é proposto um comparativo entre modelos de previsão de demanda com o intuito de prever o faturamento de uma empresa de logística. Foram escolhidos três métodos de previsão a fim de comparar o Erro Absoluto Médio Percentual (EAMP) e também o Desvio Absoluto Médio (DAM). No procedimento para a execução do artigo utilizou-se o faturamento histórico de 24 meses comparando os resultados da média móvel, método Holt e o método Holt Winter. No resultado verificou-se que o método de Holt Winter possui a melhor aderência aos dados coletados de faturamento da companhia.

PALAVRAS-CHAVE: Holt-Winter, modelos de previsão, faturamento.

ABSTRACT

This article proposes a comparison between demand forecasting models in order to forecast the turnover of a logistics company. Three forecasting methods were chosen in order to compare the Mean Percentage Absolute Error (EAMP) and also the Mean Absolute Deviation (DAM). No procedure for the execution of the article uses the historical billing of 24 months comparing the results of the moving average, Holt method and the Holt Winter method. In the result, it was found that the Holt Winter method has the best adherence to the company's collected billing data.

Keywords: Holt-Winter, forecasting models, billing.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade adaptativa da demanda de seus clientes para a continuidade de seus serviços é um dos maiores desafios enfrentados pelas organizações (TUBINO, 2000). Diante deste desafio, a previsão de demanda torna-se uma alternativa para geração de projeções de disposição de serviços, embasando assim decisões importantes relacionadas a adaptação dos meios organizacionais para tornar-se mais competitivo no mercado (MOREIRA, 1998).

Neste cenário, uma empresa de logística busca novos métodos para prever o faturamento da companhia e apresentar os números de previstos na reunião de resultados, que ocorre na primeira quinzena do mês. Após uma reunião para tratar do assunto na empresa, surgiu o seguinte questionamento: Qual método de previsão de faturamento possui o menor erro, levando em consideração o histórico dos últimos dois anos? Dessa forma, este artigo tem como objetivo geral verificar três métodos de previsão de demanda, e como objetivos específicos quantificar o erro de cada método, comparar os resultados e propor a adoção daquele que apresentar o menor erro.

A justificativa do trabalho se dá pela exigência da companhia na busca de métodos matemáticos de previsão que melhor se adequem a sua tendência e sazonalidade de faturamento, nesse sentido buscou-se na literatura metodologias distintas que contenham ou não as variáveis de tendência e sazonalidade na estrutura de cálculo e que apresentassem valores de erros para compará-los, que de acordo com Tubino (2007), métodos baseados em séries temporais que tem a pretensão de prever uma demanda futura com observações de demanda passadas é comum utilizar técnicas atestadas pela literatura como: média móvel simples e ponderada, suavização exponencial, regressão linear e métodos para prever sazonalidade e tendência (Holt Winter), sendo essas técnicas, as que apresentam melhores resultados para esse tipo de análise.

Dessa forma, decidiu-se adotar os métodos citados anteriormente para embasar os cálculos, por se adequarem as condições expostas pelo autor. Como resultado do estudo, obteve-se o método de Holt Winter com o menor erro percentual entre os escolhidos, sendo o valor de 4%, em segundo lugar o método Holt apresenta um erro de 7% e em terceiro a média móvel com 8%, desta maneira propõem-se a adoção do método Holt Winter para a previsão do faturamento.

Este trabalho está dividido em quatro partes, sendo a primeira a revisão da literatura que embasa o conceito de três métodos matemáticos para previsão de demanda, expondo as fórmulas matemáticas para o uso do método. A segunda parte é a metodologia, que demonstra o método empregado no trabalho para alcançar os resultados e a natureza do artigo. A terceira parte trata dos resultados e discussões, que mostra as etapas de cálculo e os resultados obtidos, bem como comentários dos valores dos erros encontrados, e por fim a conclusão.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Em uma empresa do ramo de transporte, existe a necessidade do acompanhamento diário do faturamento das operações, assim como a previsão do faturamento para o mês corrente. Desse modo decidiu-se compor um estudo para verificar a aderência de três métodos de previsão de demanda com a série histórica de faturamento, a fim de adotar o método para incluir nos relatórios de resultados da companhia.

Para compor o comparativo foram selecionadas três técnicas para a previsão de demanda para séries temporais: Suavização Exponencial modelo Holt, Média Móvel Simples

e Suavização exponencial
modelo Holt Winter (TUBINO, 2007).

2.1 Suavização Exponencial de Séries com tendência e com variações de estação (modelo de Holt Winter)

De acordo com Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), o modelo Holt Winter é um método de suavização exponencial, que inclui uma equação extra para ajustar a sazonalidade das observações, que de acordo com Morettin e Toloi (1987), utilizam três parâmetros de suavização que são: controle de nível, registro e sazonalidade.

Chopra e Meindl (2003), afirmam que este modelo é adequado quando o possui nível, tendência e fator de sazonalidade. Já Caiado (2006) afirma que este método é apropriado para séries que detenham tendência linear e movimentos sazonais, possuindo duas técnicas de previsão sendo: multiplicativa e aditiva, representado pelas seguintes equações.

Modelo multiplicativo: recomendado para séries que possuem tendência linear e movimentos sazonais.

$$a(t) = \alpha \frac{y_t}{S_{T-s}} + (1-\alpha)(L_t + bt - 1), 0 < \alpha < 1$$
$$b(t) = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b(t-1), 0 < \beta < 1$$
$$s_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1-\gamma)s_{t-s}, 0 < \gamma < 1$$

Fonte: Adaptado de Makridakis *et al.*, (1998) p. 371

s - comprimento da sazonalidade

L_t - nível da série

bt - tendência

S_t - componente sazonal

Y_t - valor observado

α, β e γ - parâmetros exponenciais alisadores, do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente.

Modelo aditivo: recomendado para séries que tenham efeito de tendência aditivo e sazonalidade aditiva superposta.

$$a(t) = \alpha (Y_t - S_{T-s}) + (1-\alpha)(L_t + bt - 1), 0 < \alpha < 1$$
$$b(t) = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b(t-1), 0 < \beta < 1$$
$$S_t = \gamma [y_t - L_t] + (1-\gamma)S_{t-s}, 0 < \gamma < 1$$

Fonte: Adaptado de Makridakis *et al.*, (1998) p. 372

2.2 Suavização Exponencial de séries com tendência (modelo de Holt)

De acordo com Makridakis, Wheelwright e Hyndman (1998), caso a série apresente uma tendência de crescimento e decrescimento, e outros componentes possam ser desprezados, o modelo Holt pode ser aplicado de maneira satisfatória.

Chopra e Meindl (2003), afirmam que este modelo é adequado quando a série não apresenta sazonalidade, e possui nível e tendência sistemáticos sendo representado pela seguinte forma:

$$L_t = \alpha z_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$
$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$
$$\hat{z}_{t+k} = L_t + k T_t$$

Fonte: Adaptado de Makridakis *et al.*, (1998) p. 372

2.3 Média Móvel Simples

Pring (2014) apresenta a média móvel simples como uma das análises técnicas mais adotadas, que é composta pela soma total dos valores que compõem um conjunto de dados dividido pelo número de observações. Peinado e Graeml (2007), abordam a utilização da média móvel simples na condição de não se ter dados históricos de demanda, sendo um dos métodos mais populares nas pequenas e médias empresas. Chase, Jacobs e Aquilano (2006), avaliam que se houver tendências nos dados de elevação ou declínio, quanto maior o período considerado, mais a Média Móvel defasará a tendência.

Dessa forma, podemos dizer que a MMS (Média Móvel Simples) é bem popular em análises, podendo ser adotado em qualquer organização, e amplamente usado em cenários que não se tem uma série histórica de dados de demanda bem estruturada. Entretanto, possui também suas desvantagens quando se tem uma série histórica de dados com tendências.

Abaixo a fórmula da técnica:

$$L_t = (D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}) / N$$

Fonte: Adaptado Chopra e Meindl (2003) p.215

D = Demanda

t = Período

N = Quantidade de períodos

3. DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

De acordo com Gil (2008), este artigo é uma pesquisa exploratória, por proporcionar maior familiaridade com o problema, envolvendo um levantamento bibliográfico para apoiar na problemática da pesquisa, de natureza quantitativa, pela razão de envolver técnicas de previsão de demanda matemáticas e a comparação dos resultados.

Buscou-se em bases abertas a comparação de métodos de previsão de demanda, onde identificou-se que os métodos escolhidos são muito recorrentes em modelos propostos para estudos, que de acordo com Tubino (2007), os métodos que melhor se adaptam a séries temporais que visam prever demandas futuras com dados históricos são: média móvel simples e ponderada, regressão linear e métodos que contenham sazonalidade e tendência. Pela série de dados conter tendência e sazonalidade, pressupõem-se que métodos que contenham essas variáveis em sua estrutura de cálculo tenham melhor aderência na previsão, comparado com outros que contenham apenas uma ou nenhuma dessas variáveis no seu modelo. Por essa razão foi escolhido a média móvel que ignora a sazonalidade e tendência, o método Holt que ignora a sazonalidade e por último o método Holt Winter que contém ambas variáveis, a fim de comparar se realmente essas variáveis influenciam no erro absoluto percentual médio (EAMP) e no Desvio Absoluto Médio (DAM).

A coleta dos dados foi por meio do uso do ERP da empresa, que apresenta o faturamento diário da companhia dos últimos dois anos (24 observações), não sendo realizado nenhum tratamento específico nos dados, somente a somatória dos respectivos meses por ano.

Para aplicar o método Holt, é necessário aplicar uma regressão linear e verificar se o valor de p é adequado para prosseguir com os cálculos, caso o contrário não é possível aplicá-lo. Para minimizar o erro foi adotado o uso do Solver para calcular os valores de Alpha e Beta, dessa forma obtém-se o melhor ajuste possível para o método.

Na aplicação do método Holt Winter, é exigido a dessazonalização dos dados e posteriormente uma regressão linear dos dados dessazonalizados, posteriormente se o valor p for adequado, é possível aplicar o método. Da mesma forma que no modelo Holt, foi adotado o uso do solver para calcular os valores de Alpha, Beta e Gamma, e obter o menor erro possível do método. Quanto a média móvel não é exigido nenhum critério para aplicar o cálculo, sendo assim pode ser aplicado diretamente com os dados extraídos do sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os critérios de análise serão adotados os valores de EAMP que se trata do erro médio percentual das observações e o valor de DAM, que é o desvio absoluto médio.

O primeiro modelo testado foi a média móvel simples dos últimos quatro meses, que com base no período e a demanda, apresentou os seguintes resultados na Tabela 2:

Tabela 2 - Cálculos Média Móvel Simples

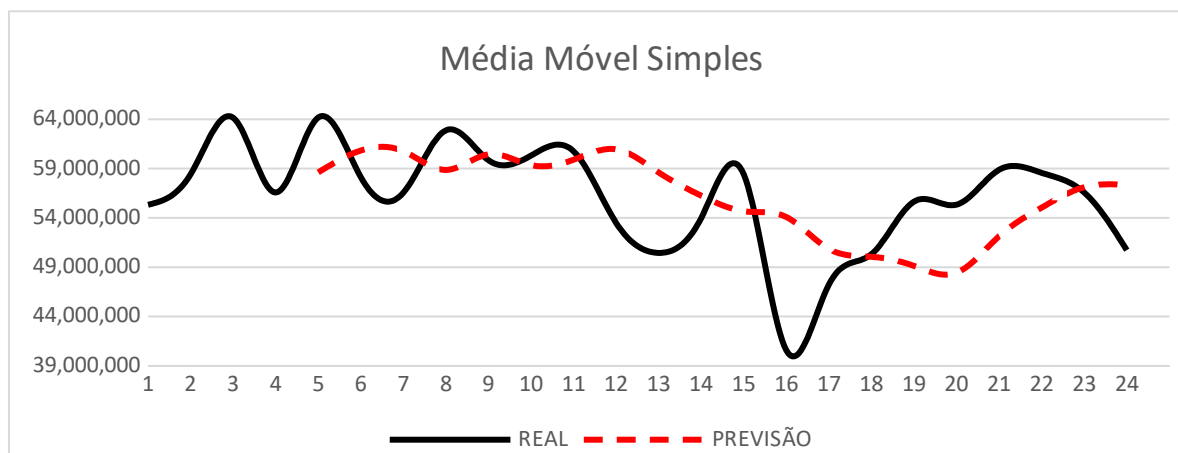
PERÍODO	DAM	ERRO %	EAMP	TS
5	5.561.899	9	9	-1
6	4.128.670	5	7	-1
7	4.154.538	7	7	0
8	4.120.854	6	7	-1

9	3.415.497	1	6	-1
10	3.006.409	2	5	-1
11	2.699.449	1	4	-1
12	3.294.561	14	6	1
13	3.833.782	16	7	3
14	3.676.362	4	7	4
15	3.680.648	6	7	3
16	4.500.606	33	9	5
17	4.431.015	8	9	6
18	4.133.757	1	8	7
19	4.292.867	12	8	5
20	4.455.302	12	9	3
21	4.589.367	11	9	2
22	4.529.865	6	9	1
23	4.319.834	1	8	1
24	4.433.925	13	8	2

Fonte: Os autores (2021)

O EAMP do método resultou em 8%, podendo ser identificado na linha do período 24, bem como um DAM de 4.433.925, resultando na disposição do gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1 - Média Móvel Simples



Fonte: os autores (2021)

É possível identificar que no último período a previsão indica uma ascensão, enquanto no real houve um declínio, assim como no período 18 houve uma previsão de declínio e na realidade houve uma ascensão, apesar disso, as previsões ficaram muito próximas do valor real.

O segundo modelo testado foi o modelo Holt, que antes de iniciar os cálculos é necessário identificar por meio de regressão (Tabela 3), se o valor p é significativo para efetuar uma análise em cima dos dados extraídos. Obteve-se R múltiplo de 0,43, R Quadrado de 0,18, R Quadrado ajustado de 0,14, Erro padrão de 5.053.249,20.

Tabela 3 – Resultados Regressão Modelo Holt

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	60233461,18	2129189,006	28,28939141	8,56178E-19	55817793,45	64649128,92	55817793,45	64649128,92
Variável X 1	- 327583,6378	149012,1894	-2,19836806	0,038737636	-636616,0043	-18551,27137	- 636616,0043	- 18551,27137

Fonte: os autores (2021)

O valor obtido de p após a regressão é muito próximo de 0, sendo satisfatório no primeiro quesito para dar seguimento nos cálculos abaixo da Tabela 4:

Tabela 4 – Cálculos Modelo Holt

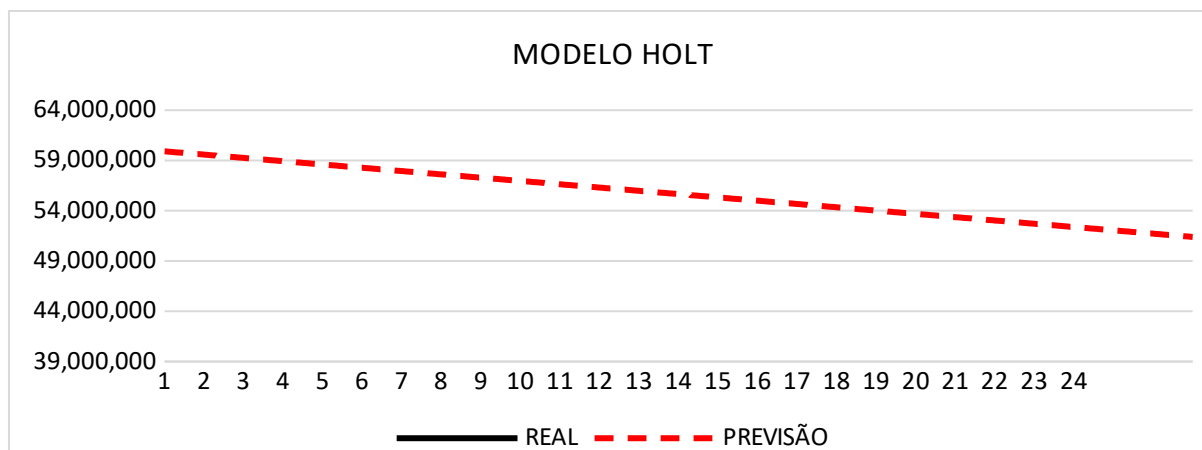
PERÍODO	DAM	ERRO %	EAMP	TS
1	4.577.624	8	8	1
2	2.867.519	2	5	2
3	3.546.971	8	6	0
4	3.249.500	4	6	1
5	3.716.459	9	6	-1
6	3.119.143	0	5	-1
7	2.871.720	2	5	0
8	3.170.959	8	5	-2
9	3.102.790	4	5	-3
10	3.128.087	6	5	-4
11	3.218.675	7	5	-5
12	3.185.080	5	5	-4
13	3.364.923	11	6	-2
14	3.242.799	3	6	-2
15	3.231.623	5	6	-3
16	3.931.574	36	7	1
17	4.136.214	16	8	3
18	4.129.589	8	8	4
19	3.998.747	3	8	4
20	3.881.666	3	7	3
21	3.959.762	9	8	2
22	4.031.530	9	8	1
23	4.024.504	7	8	0
24	3.924.977	3	7	0

Fonte: os autores (2021)

Para os valores de Alpha e Beta, foi necessário utilizar o solver para minimizar o erro, e dessa forma obteve-se Alpha = 0 e Beta = 0,026.

Após os cálculos, foi obtido um EAMP de 7% e um DAM de 3.924.977, sendo um EAMP e um DAM menor que da média móvel, representado no gráfico 2 da seguinte forma:

Gráfico 2 - Modelo Holt



Fonte: os autores (2021)

Graficamente, é possível dizer que existe tendência negativa nos dados, que resulta em um declínio, após a minimização dos valores de Alpha e Beta. O terceiro método foi adotado o modelo Holt Winter multiplicativo, por conta de a série apresentar tendência linear e sazonalidade, mas antes de realizar os cálculos é necessário dessazonalizar a demanda (Tabela 5), e posteriormente aplicar uma regressão (Tabela 6), e após, caso o valor de p de significância, é possível continuar com os cálculos (Tabela 7).

Tabela 5 – Dessazonalização Modelo Holt Winter

PERÍODO	DEMANDA	DEMANDA DESAZONALIZADA	FATOR DE SAZONALIDADE
1	55.328.254	24.495.702	2,3
2	58.420.879	24.317.297	2,4
3	64.156.586	23.889.755	2,7
4	56.566.042	24.318.060	2,4
5	64.179.839	23.923.617	2,7
6	58.135.395	23.859.066	2,5
7	56.553.193	23.957.825	2,4
8	62.878.421	23.849.865	2,7
9	59.842.644	24.168.835	2,6
10	60.313.384	23.909.330	2,6
11	60.754.601	22.970.215	2,7
12	53.486.918	22.184.610	2,4
13	50.451.842	21.750.559	2,3
14	53.992.099	20.986.291	2,4
15	58.394.869	20.180.122	2,7
16	40.561.283	19.836.630	1,9
17	47.254.100	19.515.929	2,2
18	50.319.989	20.117.715	2,3

19	55.652.960	21.437.687	21.284.421	2,6
20	55.338.917	22.431.041	21.106.016	2,6
21	58.875.902	22.889.106	20.927.612	2,8
22	58.565.266	22.704.742	20.749.207	2,8
23	56.568.983		20.570.803	2,7
24	50.735.611		20.392.398	2,5

Fonte: os autores (2021)

Dessazonalizada a demanda entre os períodos 3 a 22, é aplicado a regressão e obtém-se os resultado na Tabela 6. Obteve-se R múltiplo de 0,66, R Quadrado de 0,43, R Quadrado ajustado de 0,40, Erro padrão de 1.250.694,27.

Tabela 6 – Resultados Regressão Modelo Holt Winter

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	24674106,2	667643,9904	36,9569809	1,98872E-18	23271438,22	26076774,17	23271438,22	26076774,17
Variável X 1	-178404,5058	48499,84348	-3,678455289	0,001719196	-280298,8959	-76510,11564	-280298,8959	-76510,11564

Fonte: os autores (2021)

O valor de p obtido é muito próximo de 0, sendo satisfatório para prosseguir a análise do fator de sazonalidade e, posteriormente, aplicar o método de Holt Winter.

Tabela 7 – Cálculos Modelo Holt Winter

PERÍODO	DAM	ERRO %	EAMP	TS
1	22.398	0	0	-1
2	207.067	1	0	2
3	151.164	0	0	2
4	1.616.504	11	3	-4
5	2.518.317	10	4	-5
6	2.331.609	2	4	-6
7	2.334.059	4	4	-5
8	2.162.695	2	4	-5
9	2.203.292	4	4	-4
10	2.197.688	4	4	-3
11	2.075.247	1	3	-3
12	2.009.604	2	3	-2
13	1.856.591	0	3	-3
14	1.749.495	1	3	-3
15	1.635.253	0	3	-3
16	1.875.257	13	3	0
17	2.092.839	12	4	3
18	2.047.196	3	4	3
19	2.051.770	4	4	2
20	1.992.904	2	4	3
21	2.007.216	4	4	2

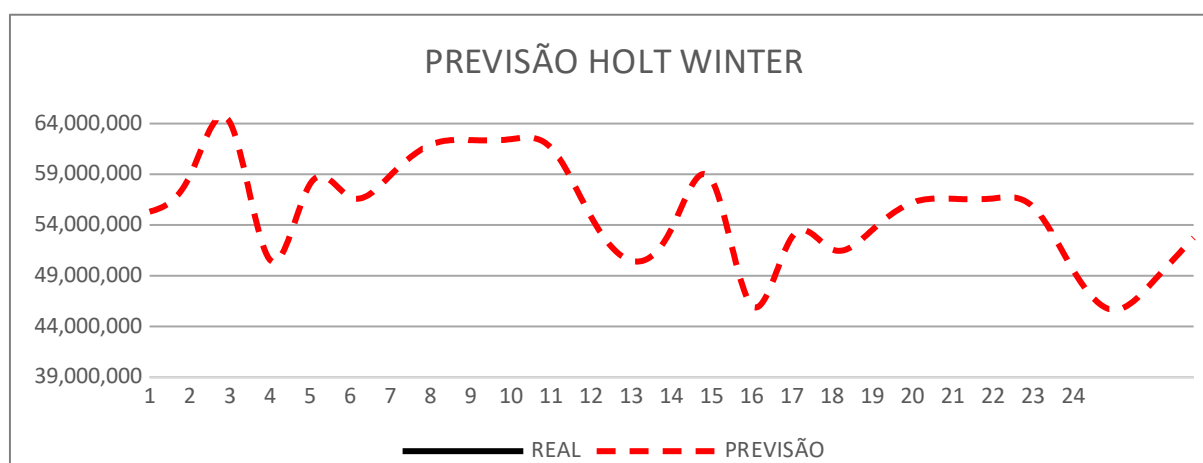
22	2.004.453	3	4	0
23	1.950.808			
24	1.918.075	2	4	0

Fonte: os autores (2021)

O fator de sazonalidade obtido na tabela anterior é selecionado do período 1 ao 12 e, da 13 em diante, é aplicado a fórmula para obter os valores sazonais posteriores. Para os valores de Alpha, Beta e Gamma, foi aplicado o Solver para minimizar o erro.

Após os cálculos, foi obtido um EAMP de 4%, sendo o menor de todos os cálculos, e um DAM de 1.918.075 sendo o menor dos métodos, e representa-se graficamente da seguinte forma:

Gráfico 3 – Modelo Holt Winter



Fonte: os autores (2021)

Graficamente é possível dizer que a previsão de Holt Winter obteve o melhor ajuste entre os métodos, e também um erro de 4%, sendo o menor deles.

Abaixo segue a Tabela 8, comparando o valor de EAMP e DAM dos métodos.

Tabela 8 – Resultados EAMP e DAM dos métodos

MÉTODO	MM	HOLT	HOLT WINTER
EAMP	8%	7%	4%
DAM	4.433.925	3.924.977	1.918.075

Fonte: os autores (2021)

De acordo com Tubino (2007), os métodos acima adotados possuem um ajuste muito bom para as séries temporais com tendência e sazonalidade, sendo possível confirmar esse fato visto que todos os métodos estiveram com um percentual de erro abaixo dos 9%.

Conforme tratado na metodologia, pressupôs-se que métodos que tivessem tendência e sazonalidade em sua fórmula matemática obtivessem melhor performance no resultado, e para os dados selecionados, isso foi confirmado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar e comparar três métodos de previsão de demanda, obteve-se três resultados de ajuste ao faturamento de uma empresa de logística. Dentre os resultados, avalia-se como fator de análise o EAMP, que mede o erro médio das observações e previsões. Verificando a aderência e o valor do EAMP dos modelos, é possível dizer que o modelo de Holt Winter Exponencial foi o método com o menor percentual de erro e também com um ajuste gráfico mais próximo do realizado, representado no gráfico 3.

Quanto ao método de média móvel simples, por ignorar tendência e sazonalidade, obteve-se uma previsão baseada nos últimos quatro meses, que no gráfico 1 não acompanha a linha real, tendo em muitos momentos uma previsão de alta e um real de baixa, e previsões de baixa com um real de alta.

Analisando o método de Holt, ao aplicar o Solver para minimizar os valores de Alpha e Beta, obteve-se uma tendência de declínio de 327.584 no faturamento mês a mês, baseado no nível que resultou na reta de declínio demonstrada no gráfico 2.

Comparando o resultado dos três métodos representado na tabela 8, sugeriu-se a adoção do modelo Holt Winter como previsão no faturamento da empresa, visto que resultou no menor índice de erro, e graficamente um ajuste muito próximo do real.

REFERÊNCIAS

- CAIADO, Jorge. **Métodos de previsão de séries temporais: texto de apoio**. Instituto Politécnico de Setúbal - Escola Superior de Ciências Empresariais - Departamento de Economia e Gestão. Setúbal, 2006.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da produção e operações para vantagens competitivas**. 11ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento, e operação**. In: Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento, e Operação. 2003.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa - ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1986.
- MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C.; HYNDMAN, Rob J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. [S. l.]: John Wiley & Sons. Inc., 1998.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. Ed.: São Paulo, Atlas. São Paulo, 2007.
- MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: John Willey & Sons, 1998. 642 p.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 1998.
- MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clélia Maria de Castro. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987.
- PRING, Martin J. **Technical Analysis Explained – The Successful Investor’s Guide to Spotting Investment Trends and Turning Points**. McGraw Hill Education, Fifth Edition. 2014.
- PEINADO, J. ; GRAEML, A. R. **Administração da produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba, UNICENP, 2007.