

Utilização do modelo Holt-Winters para previsão das vendas de produtos de origem animal no oeste paranaense

André Sandmann (UTFPR – Medianeira) sandmann_andre@hotmail.com
Liliane Hellmann (UTFPR – Francisco Beltrão) lilianehellmann@utfpr.edu.br
Flavio Piekarczywicz Silva, (UTFPR – Medianeira) flaviopiekarczywicz@hotmail.com
Claudimara Cassoli Bortoloto (UTFPR – Medianeira) claudibortoloto@yahoo.com.br
André Inácio Melges (UTFPR – Medianeira) andremelges@hotmail.com

Resumo: A cadeia produtiva de leite e carnes tem extrema importância econômica e social para o Estado do Paraná. A viabilidade econômica desses alimentos desencadeou estudos pautados nas previsões de produção e venda, associado aos cálculos e lucros que os laticínios e frigoríficos podem ter com a utilização de modelos estatísticos. Para tanto, foram levantados dados relativos as vendas em um frigorífico e um laticínio no oeste paranaense entre 2006 à 2013. Os dados relativos às vendas mensais de leite e suínos no período estudado geraram com auxílio do Minitab modelos – Holt Winters, multiplicativo e aditivo, possibilitando análise de mercado destes produtos no período de 12 meses. Analisando-se a previsão de vendas de leite e de suínos no período estudado pelo método multiplicativo, foi possível verificar que os dados previstos se comportam de maneira muito semelhante aos valores reais. A série temporal estudada apresentou tendência crescente e sazonalidade, o que torna notável a capacidade deste modelo em reproduzir dados futuros confiáveis. Assim, pode-se realizar a previsão para o ano seguinte ao período estudado, constatando-se que os dados obtidos são de grande aceitabilidade, com pequena margem de erro, possibilitando o planejamento do lucro baseado na quantidade de vendas estimadas para o período futuro a ser feita pelo laticínio e frigorífico. Com os resultados obtidos, constatou-se que o modelo multiplicativo foi o que demonstrou maior eficiência para as séries estudadas, pois apresentou os menores índices de erro com base nas cinco medidas de precisão calculadas.

Palavras-chave: Previsão de Mercado, Análise Estatística, Alimento.

Using the holt -winters model to forecast the sales of products of animal origin in the west of paranaense

Abstract: The production chain of milk and meat has extreme economic and social importance to the State of Paraná. The economic viability of these foods desencadeouesse study guided the production and sales forecasts, and profits associated with calculations that milk and meat may have with the use of both models estatísticos. Para, data on sales in a refrigerator and were raised on a dairy west of Paraná between 2006 to 2013 the data on monthly sales of milk and pigs in the period estudado geraram with the aid of Minitab models - HoltWinters, multiplicative and additive, allowing analysis demercado these products within 12 months. Analyzing the sales forecast of milk and pigs in estudadopelo period multiplicative method, it was possible to verify that the data provided behave very similar way to the real values. The time series showed increasing trend and seasonality, which makes the remarkable ability of this model to reproduce reliable future data. Thus, one can carry out the forecast for the following year study period, noting that if the data obtained are of great acceptability, with little margin for error, allowing the planning of profit based on the amount of estimated future sales for the period to be taken by dairy and frigorifico. Com the results obtained, it was found that the multiplicative model was demonstrated the highest efficiency for the series studied, as showed the lowest error rates based on five measures calculated precision.

Key-words : Market Forecast, Statistical Analysis, Food .

1. Introdução

O mercado de produtos lácteos e de carnes vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, devido ao crescimento populacional. A cadeia produtiva do leite e de carnes é de extrema importância econômica e social para o Estado do Paraná. Conforme pesquisas realizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2010, o Paraná foi o terceiro maior produtor nacional de leite com 3.595 milhões de litros e o terceiro maior na produção de carnes de suínos, sendo responsável por 16% da produção do país.

Para estudar a economia de leite e de carnes no Estado e calcular os lucros que os laticínios e frigoríficos podem ter com a venda do produto, é possível que sejam feitas previsões para estimar a venda de suas produções, com auxílio de modelos estatísticos, os quais requerem primeiramente, que os dados estudados estejam ordenados em séries temporais.

O modelo a ser apresentado neste estudo é o de Holt-Winters, que é um dos mais utilizados para a previsão em curto prazo, devido a sua simplicidade, baixo custo de operação e boa precisão, este possui duas equações de previsão, a aditiva e a multiplicativa. O melhor método a ser escolhido para previsão, aditivo ou multiplicativo, é aquele que apresenta o(s) menor(es) erro(s) de precisão.

Este projeto teve como objetivo principal a utilização de pacotes estatísticos aplicados ao mercado de leite e carne de suínos, visando, pela projeção de vendas, um melhor planejamento neste setor. Para tanto serão levantados dados relativos as vendas em um frigorífico e em um laticínio do oeste paranaense nos anos de 2006 à 2013.

2.Revisão de Literatura

2.1 Mercado de carne e leite

A crescente na produção de proteína animal com grandes quantidades de animais por unidade de área de confinamento determina vazões extraordinárias de efluentes resultantes da fisiologia animal. São volumes incomparavelmente maiores na atual atividade pecuária industrial em relação aos do passado, de subsistência ou comercialização a partir de criações extensivas (JUNIOR, et al, 2009).

Para estudar a economia de leite e de carne de suínos no Estado e calcular os lucros que os laticínios podem ter com a venda do produto, é possível que sejam feitas previsões para estimar a venda da produção leiteira, através de modelos estatísticos, os quais requerem primeiramente, que os dados estudados estejam ordenados em séries temporais.

O leite é considerado um dos produtos que apresentam elevadas possibilidades de crescimento, uma taxa anual de 2,75%; isto corresponde a uma produção de 36,9 bilhões de litros de leite cru no final do período das projeções. O consumo deverá crescer a uma taxa de 2,23% ao ano, nos próximos anos. Essa taxa é bem superior à observada para o crescimento da população brasileira. Os dados disponíveis sobre exportação não permitem que se faça com segurança as projeções pois, ao contrário de outras séries de dados, o período não é suficientemente longo para que seja possível fazê-las com mais exatidão.

De acordo com a produção de carnes, as que indicam maiores taxas de crescimento anual no período 2008/2009 a 2018/2019, é a carne de frango, 4,22%; a bovina, 3,50% e a suína 2,84%, o que também representa um valor relativamente elevado, visto que conseguem atender ao consumo interno e às exportações (MAPA/AGE, 2009).

As projeções do consumo mostram preferência crescente dos consumidores brasileiros pela carne de frango cujo crescimento projetado é de 2,57% ao ano, no período 2008/2009 a 2018/2019. Isto significa um consumo interno de 9,9 milhões de toneladas daqui a 11 anos. A carne bovina assume o segundo lugar no aumento do consumo com uma taxa anual projetada de 2,22%, entre 2008/09 a 2018/19. Em nível inferior de crescimento, situa-se a projeção do consumo de carne suína, de 1,79% ao ano para os próximos anos (MAPA/AGE, 2009).

Quanto às exportações estão previstas taxas de crescimento elevadas para os três tipos de carne analisados. As estimativas realizadas pela MAPA/AGE (2009) preveem um quadro significativo para as exportações brasileiras de carne; as carnes de frango e de suínos lideram as taxas de crescimento anual das exportações para os próximos anos – a taxa anual prevista para carne de frango é de 5,62% e para a carne suína, de 4,91%; as exportações de carne bovina devem situar-se numa média anual de 3,07%.

Como as carnes são produtos que apresentam elevada elasticidade-renda, o aumento de renda interna pode direcionar parte da produção para o consumo interno e reduzir o excedente de exportações. No caso, as elasticidades renda-consumo de carne bovina, calculadas por Hoffmann (2007), variam entre 0,35 e 1,00 dependendo do estrato de renda. Esses valores são considerados elevados quanto a outros alimentos e indicam que o aumento do poder aquisitivo da população tem um impacto acentuado no consumo de carnes.

A expansão prevista de exportações de carnes pelo Brasil, o coloca em posição de destaque no comércio mundial. O país deverá manter a liderança de principal exportador de carne bovina e suína, e manter seu terceiro ou quarto lugar nas exportações de carne suína; em 2018/19 as relações Exportação do Brasil/Comércio mundial, devem representar: Carne bovina, 60,6% do comércio mundial; carne suína, 21% do comércio mundial; carne de aves e 89,7% do mercado mundial

2.2 Estatística e estudo de mercado

Uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo, utilizadas para fazer previsões de valores futuros ou analisar a própria série (EHLERS, 2007). De acordo com as características da série, há vários modelos que podem ser usados para a realização de previsões (SERRA *et al.*, 2005).

O modelo de Holt-Winters, é um dos mais utilizados para a previsão em curto prazo, devido a sua simplicidade, baixo custo de operação e boa precisão (SERRA *et al.*, 2005). Este possui duas equações de previsão, a aditiva e a multiplicativa. Lúcio *et al.* (2010) sugerem que o melhor método a ser escolhido para previsão, aditivo ou multiplicativo, é aquele que apresenta o(s) menor(es) erro(s) de precisão.

A previsão – uma visão acurada do futuro – é essencial para gerar os melhores prognósticos e fazer as escolhas estratégicas corretas. O processo típico presume que os estrategistas possuam a percepção que lhes permite transformar seu conhecimento do futuro em prognósticos pontuais de determinantes-chave de valor. Os prognósticos pontuais permitem estimativas precisas do valor presente líquido e outras medidas financeiras, as quais, por sua vez, determinam qual será a estratégia que proporcionará o retorno mais alto. (COURTNEY, 2001).

As análises de séries temporais realizam um importante papel em diferentes áreas na administração de organizações; por exemplo, na área financeira, na área de recursos humanos e na área de vendas. Tais previsões são também essenciais na operacionalização de inúmeros aspectos do gerenciamento da produção, como na coordenação de estoques e no desenvolvimento de planos agregados de produção (FOGLIATTO, 2003).

Varejistas, fabricantes e fornecedores fazem suas estimativas separadamente. Enquanto varejistas observam um ligeiro aumento na demanda para um produto específico, podem exigir uma ordem de compra extra aos atacadistas enquanto estes apenas identificaram uma tendência. Os atacadistas pegam as ordens e fazem as suas próprias previsões, que não são tão confiáveis quanto as do varejista, pois eles não se baseiam em nenhuma venda real. Por isso, quando o fabricante tenta interpretar os pedidos vindo dos atacadistas, o aumento encontrado nesta demanda torna-se exagerado: bullwhip effect (LEE et al, 1997).

Wacker e Lummus (2002) (apud BACCI, 2007) afirmam que “sem a ligação entre previsões e alocação de recursos seria impossível se adquirir recursos para realizar, dentro do tempo, as entregas para os clientes”. Gaither e Frazier (2001) (apud BACCI, 2007) relatam algumas outras razões que exemplificam o porquê da essencialidade de se fazer previsões na supervisão de operações: facilitando o planejamento; planejamento da produção; planejar a força de trabalho. Tem-se também outros elementos temporais que intervêm nas decisões; são eles: o período, o horizonte e o intervalo da previsão requerida.

É necessária a utilização de métodos estatísticos específicos para a sua análise, já que os dados de séries temporais não são aleatoriamente coletados. Desta forma, a análise de séries temporais explora a não independência dos dados, o que não é feito, por exemplo, pelas técnicas de mínimos quadrados ordinários (PICKETT, 2000). A previsão de demanda fazendo o uso de métodos quantitativos pode ser feita através de múltiplos modelos matemáticos. O emprego de cada modelo depende essencialmente do comportamento da série temporal que deseja-se analisar (FOGLIATTO, 2003).

Já que os dados de séries temporais não são aleatoriamente recolhidos a partir de uma amostra, é necessária a utilização de métodos estatísticos específicos para a sua análise. Desta forma, a análise de séries temporais explora a não independência dos dados, o que não é feito, por exemplo, pelas técnicas de mínimos quadrados ordinários (PICKETT, 2000). Qualquer previsão fazendo o uso de métodos quantitativos pode ser feita através de vários modelos matemáticos. A utilização de cada um depende essencialmente do comportamento da série temporal que será utilizada (FOGLIATTO, 2003).

O método de Holt-Winters Exponential Smoothing (HW), é baseado em três equações de suavização: uma para suavizar o nível, outra para tendência, e uma última para suavizar a sazonalidade. Este método segundo Newbold (1994), é uma extensão do método DSE, porém, além de considerar a suavização do nível e da tendência, analisa também a suavização da sazonalidade para realizar a previsão. Existem dois métodos diferentes de HW, dependendo se a sazonalidade é modelada de forma aditiva ou se é modelada de forma multiplicativa: o Holt-Winter's multiplicativo (HWM) e Holt-Winter's Aditivo (HWA) (MAKRIDAKIS et al., 1998).

3. Metodologia

Para a realização do presente estudo foram realizadas revisões literárias, coletados dados sobre a quantidade de litros de leite e quilogramas de carnes de suínos vendidas mensalmente por um laticínio e um frigorífico do oeste paranaense – com visitas técnicas, e aplicações de questionários - e, posteriormente, serão realizadas previsões da série temporal e de séries futuras (ano de 2013 -14).

As equações utilizadas para realização das previsões nos modelos de Holt-Winters aditivo e multiplicativo estão apresentadas na Tabela 1.

	Holt-Winters Multiplicativo	Holt-Winters Aditivo
Nível	$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$	$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$
Tendência	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$
Sazonalidade	$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$	$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s}$
Previsão	$F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$	$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$

Fonte: LÚCIO *et.al.* (2010).

Tabela 1 – Equações básicas dos modelos de Holt-Winters.

Em que: s – comprimento da sazonalidade; L_t – nível da série; B_t – tendência; S_t – componente sazonal; F_{t+m} – previsão para o período m adiante; Y_t – valor observado; α, β, γ – parâmetros exponenciais alisadores do nível, da tendência e da sazonalidade.

Foram calculados também, cinco medidas de precisão para verificar a acuracidade (eficiência do modelo em minimizar erros de uma previsão) dos métodos aditivo e multiplicativo. De acordo com Makridakis *et al.* (1998) algumas das medidas utilizadas para determinar a acuracidade do modelo de Holt-Winters, são: *Mean Error* (ME, Erro Médio), *Mean Squared Error* (MSE, Erro Quadrático Médio), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE, Erro Percentual Médio Absoluto), *Mean Absolute Deviation* (MAD, Desvio Médio Absoluto) e o *Mean Percentage Error* (MPE, Erro Percentual Médio). Estas cinco medidas serão usadas na presente pesquisa e podem ser visualizadas nas equações (1), (2), (3), (4) e (5) apresentadas a seguir:

$$ME = \frac{\sum e_t}{n. de medidas} \quad (1)$$

$$MPE = \frac{\sum \left(\frac{e_t}{\bar{X}_t} * 100 \right)}{n. de medidas} \quad (2)$$

$$MSE = \frac{\sum e_t^2}{n. de medidas} \quad (3)$$

$$MAD = \frac{\sum |e_t|}{n. de medidas} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{\sum \left(\frac{|e_t|}{\bar{X}_t} * 100 \right)}{n. de medidas} \quad (5)$$

Para o desenvolvimento dos modelos utilizou-se o software Excel e o Minitab, *software* estatístico muito utilizado em pesquisas científicas. Os resultados encontrados a serem utilizados para a escolha do melhor modelo, bem como para análises de mercado de produtos lácteos e de carnes de suínos serão apresentados em tabelas e gráficos.

4. Resultados e discussões

Os dados relativos às vendas mensais de leite e suínos no período de janeiro 2006 à setembro 2013, geraram com auxílio do Minitab modelos – HoltWinters, multiplicativo e aditivo – que possibilitaram a análise de mercado destes produtos no período de 12 meses (outubro de 2013 à setembro de 2014).

4.1 Análise da venda de leite

A previsão de vendas de leite pelo modelo aditivo de Holt-Winters, em comparação com os dados reais coletados no período de janeiro de 2006 à setembro de 2013, pode ser observada através da Figura 1.

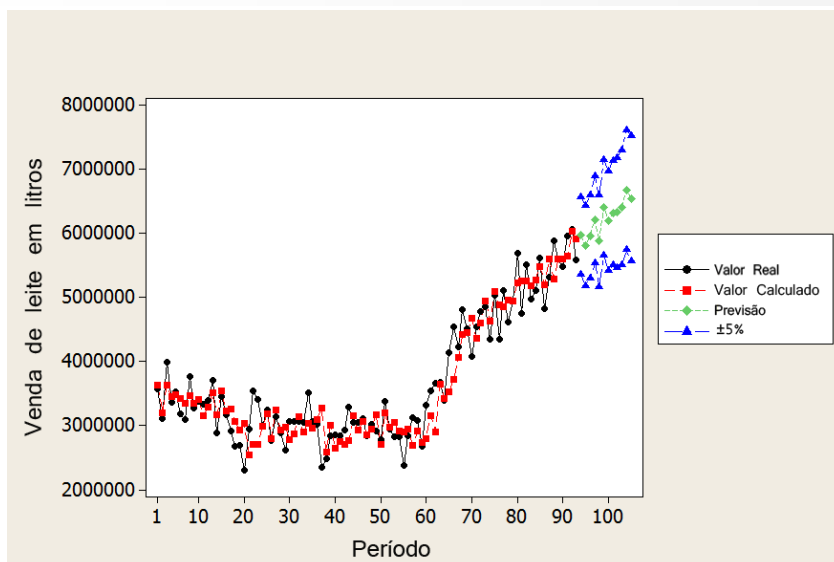


Figura 1 – Previsão de vendas de leite de janeiro de 2006 a setembro de 2013 no Modelo Aditivo de Holt-Winters

Analisando-se a figura 1, pode-se verificar a proximidade entre os valores reais e os valores calculados, bem como uma projeção relativa aos próximos 12 meses (outubro de 2013 à setembro de 2014). Apresentando-se, ainda, uma projeção de 5% (para mais ou para menos) em relação à previsão.

Na Figura 2 apresenta-se a previsão de vendas de leite pelo modelo multiplicativo do método Holt-Winters, comparando com os dados reais coletados no período de janeiro de 2006 à setembro de 2013.

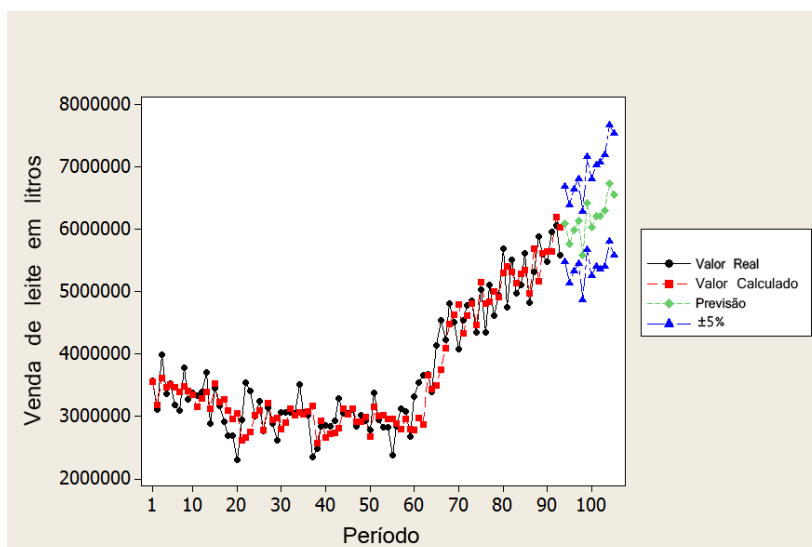


Figura 2 – Previsão de vendas de leite de janeiro de 2006 a setembro de 2013 no Modelo Multiplicativo de Holt-Winters.

Observando-se a Figura 2, pode-se constatar a proximidade entre os valores reais e os valores calculados, bem como uma projeção relativa aos próximos 12 meses (outubro de 2013 à setembro de 2014). Expondo-se, ainda, uma projeção de 5% (para mais ou para menos) em relação à previsão.

A acuracidade de ambos modelos foi constatada através das medidas de precisão apresentadas na Tabela 2, na qual pode-se visualizar que o método multiplicativo obteve os menores índices para os erros calculados. A escolha dos parâmetros, α e β (que variam de 0,01 a 0,99), que

minimizaram os erros, foi feita através de tentativas em que constatou-se que os melhores valores para os parâmetros desta série são: Alpha 0,3; Beta 0,1 e Delta 0,1.

Medidas de Precisão	Multiplicativo	Aditivo
Erro Quadrático Médio	$1,10 \times 10^{11}$	$1,06 \times 10^{11}$
Desvio Médio Absoluto	$2,46 \times 10^5$	$2,46 \times 10^5$
Erro Médio Percentual Absoluto	6,95	7,03

Tabela 2 - Comparação dos modelos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) nas medidas de precisão.

Com base no modelo multiplicativo, devido a sua maior precisão (1,13% menor do que o aditivo), foi feita a previsão de vendas de leite no período de outubro de 2013 à setembro de 2014. A quantidade prevista da venda de leite para este período encontra-se na Tabela 3.

Meses	Previsão de vendas de leite em litros
Outubro/13	6.088.665
Novembro/13	5.770.838
Dezembro/13	5.988.775
Janeiro/14	6.138.778
Fevereiro/14	5.583.933
Março/14	6.419.747
Abril/14	6.039.974
Mai/14	6.220.631
Junho/14	6.220.989
Julho/14	6.301.033
Agosto/14	6.742.046
Setembro/14	6.561.760

Tabela 3 – Quantidade de leite prevista para o período de outubro de 2013 à setembro de 2014 através do modelo multiplicativo de Holt-Winters.

Pode-se observar que há sazonalidade, devido à variação dos valores, atingindo o mínimo de 5.583.933 litros de leite no mês de fevereiro de 2014 e o máximo de 6.742.046 litros de leite no mês de agosto de 2014.

4.2 Análise da venda de suínos

A previsão de vendas de suínos obtidas através do modelo aditivo de Holt-Winters, em comparação com os dados reais coletados no período de janeiro de 2006 à setembro de 2013, pode ser observada através da Figura 3.

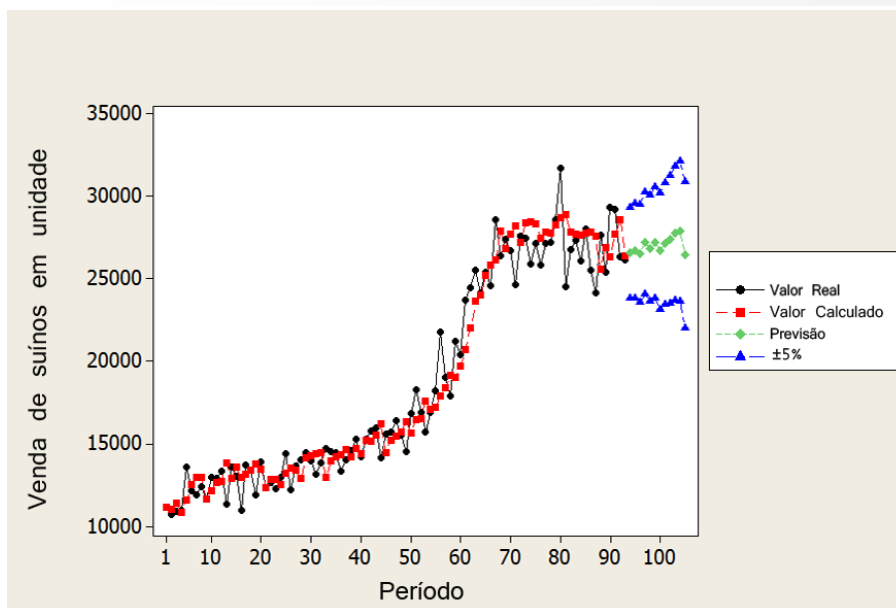


Figura 3 – Previsão de vendas de suínos de janeiro de 2006 a setembro de 2013 no Modelo Aditivo de Holt-Winters.

Observando-se a figura 3, pode-se notar a aproximação entre os valores reais e os valores calculados, além de uma projeção em relação aos próximos 12 meses (outubro de 2013 à setembro de 2014). Apresenta-se uma projeção de 5% (para mais ou para menos) em relação à previsão.

Na Figura 4 explana-se a previsão de vendas de suínos pelo modelo multiplicativo do método Holt-Winters, relacionando com os dados reais coletados no período de janeiro de 2006 à setembro de 2013.

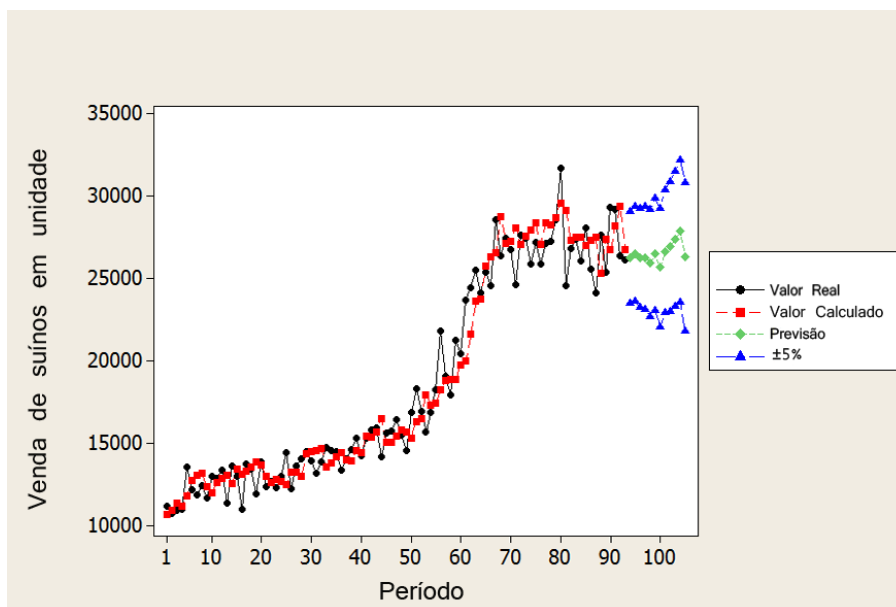


Figura 4 – Previsão de vendas de suínos de janeiro de 2006 a setembro de 2013 no Modelo Multiplicativo de Holt-Winters.

Analisando a Figura 4, pode-se observar a proximidade entre os valores reais e os valores calculados, bem como uma projeção relativa aos próximos 12 meses (outubro de 2013 à

setembro de 2014). Além de uma projeção de 5% (para mais ou para menos) relativa à previsão.

A funcionalidade de ambos modelos foi constatada através das medidas de precisão apresentadas na Tabela 4, na qual pode-se visualizar que o método multiplicativo obteve os menores índices para os erros calculados. Os parâmetros desta série são: Alpha 0,3; Beta 0,1 e Delta 0,1.

Medidas de Precisão	Multiplicativo	Aditivo
Erro Quadrático Médio	2.211.061	2.183.284
Desvio Médio Absoluto	1134	1118
Erro Médio Percentual Absoluto	6	6

Tabela 4 - Comparação dos modelos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) nas medidas de precisão.

Com base no modelo aditivo, devido a sua maior precisão, foi feita a previsão de vendas de suínos no período de outubro de 2013 à setembro de 2014. A quantidade prevista da venda de suínos neste período encontra-se na Tabela 5.

Meses	Previsão de vendas de leite em litros
Outubro/13	26.594,1
Novembro/13	26.702,1
Dezembro/13	26.525,2
Janeiro/14	27.171,9
Fevereiro/14	26.837,6
Março/14	27.187,6
Abril/14	26.695,6
Mai/14	27.142,7
Junho/14	27.399,6
Julho/14	27.767,9
Agosto/14	27.863,8
Setembro/14	26.468,9

Tabela 5 – Quantidade de suínos prevista para o período de outubro de 2013 à setembro de 2014 através do modelo aditivo de Holt-Winters.

Pode-se observar que há sazonalidade, devido à variação dos valores, atingindo o mínimo de 26.468,9 suínos no mês de setembro de 2014 e o máximo de 27.863,8 suínos no mês de agosto de 2014.

5. Considerações Finais

Esta pesquisa apresentou a validade de se aplicar o modelo de Holt-Winters para realizar previsões. Analisando-se a previsão de vendas de leite e de suínos no período de janeiro 2006 à setembro de 2013 pelo método multiplicativo, foi possível verificar que os dados previstos se comportam de maneira muito semelhante aos valores reais.

Além disso, a série temporal estudada apresentou tendência crescente e sazonalidade, o que torna notável a capacidade deste modelo em reproduzir dados futuros confiáveis. Assim, pode-se realizar a previsão para o ano seguinte ao período estudado, ano de 2013,

constatando-se que os dados obtidos são de grande aceitabilidade, pois a margem de erro destes é pequena, logo, é possível que tanto o laticínio quanto o frigorífico em estudo façam o planejamento de seus lucros com base na quantidade de vendas estimada para períodos futuros.

Além destas empresas, outras mais podem ser beneficiadas com um estudo de previsão de vendas, como também outras indústrias de diversos ramos, pois a realização de previsões pelo modelo de Holt-Winters segue a mesma sequência que foi apresentada neste trabalho.

Com os resultados obtidos, constatou-se que modelo multiplicativo foi o que demonstrou maior eficiência para as séries estudadas, porque apresentou os menores índices de erro com base nas cinco medidas de precisão calculadas. Por ser o método mais eficiente para as séries, optou-se por utilizá-lo para calcular a previsão de vendas de leite e de suínos para o período de outubro de 2013 a setembro de 2014.

6. Referências

BACCI, L. A., *Combinação de métodos de séries temporais para previsão da demanda de café no Brasil*, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

COURTNEY, H., *Previsão 20/20- a construção de estratégias num mundo de incertezas*, Cultrix, São Paulo, 2001.

FOGLIATTO, F. S., *Previsão de demanda*, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

FOGLIATTO, F e PELLEGRINI, F., *Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda – Técnicas e estudo de caso*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

HAU LEE, V. PADMANABHAN, SEUNGJIN WHANG, "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", 1997. *Management Science* 43(4) 546.

MAKRIDAKIS, S., HIBON, M., *The M3-competition: Results, conclusions and implications*, *International Journal of Forecasting*, 2000, 16 (4), pp. 451-476.