

## Previsão dos Custos de Produção de Suínos por meio de Modelos de *Holt-Winters*

---

**Bruno Matos Porto**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

*E-mail:* bmatosporto@gmail.com

**Daniela Althoff Philippi**

Doutorado em Administração pela Universidade Nove de Julho com estágio doutoral na

North Carolina State University

Professora Adjunta da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

*E-mail:* daniela\_philippi@yahoo.com.br

### RESUMO

O objetivo da pesquisa descrita neste artigo foi gerar previsões e comparar a precisão no curto prazo do modelo *Holt-Winters* (HW), versões aditiva e multiplicativa nos custos de produção de suínos da região do estado de Goiás, por meio do R Studio. O modelo foi aplicado com o pacote *forecast*, baseando-se no histórico de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Os dados referem-se a custos de produção de suínos do período entre janeiro de 2007 e julho de 2017. Constatou-se que a versão aditiva de HW obteve melhores resultados quando comparados aos da versão multiplicativa. As previsões dos custos geradas com o modelo de HW apresentaram, no conjunto dos dados analisados e no horizonte de previsão de três meses fora da amostra, plausível acuracidade. Contudo, como qualquer modelo de previsão que se baseia unilateralmente em dados históricos, deve-se, também, considerar variáveis extrínsecas no processo decisório.

Palavras-chave: *Holt-Winters*. Custos. Suínos.

### Prediction of Hog Production Costs Through the Holt-Winters Models

### ABSTRACT

This study aimed to generate predictions and compare accuracy in the short term of the Holt-Winters model (HW), additive and multiplicative versions, in production costs of pigs from the region of Goiás State, Brazil, through the R Studio. The model was applied with the package Forecast, based on the historical data of Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa). The data refers to production costs of pigs for the period between January 2007 and July 2017. The additive version of HW obtained better results when compared to the multiplicative version. Cost predictions generated by the HW model presented plausible accuracy in the data set analyzed and forecast horizon

of three months outside the sample. However, similar to any forecast model that is based unilaterally on historical data, extrinsic variables in the decision-making process should also be accounted.

Key words: *Holt-Winters. Costs. Swine.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Tanto no meio acadêmico, quanto em corporações empresariais, destacam-se pesquisas relacionadas ao comportamento dos custos (Medeiros, Costa & Silva, 2005). A pesquisa sobre custos de produção de suínos para a gestão do ramo de suinocultura tem grande relevância, pois revela a eficiência da atividade (Giroto & Protas, 1989; Giroto & dos Santos Filho, 2000). No ramo empresarial da suinocultura, a adesão a ferramentas gerenciais, pode possibilitar ao produtor a conferência de resultados financeiros e, desta maneira, contribuir com a permanência no negócio (Toigo, Gollo, Leite, & Klann, 2015).

Maher (2001) afirma que há três razões para o monitoramento dos custos pelos gestores: (1) usar o seu conhecimento para estimar custos de produção futuros, o que contribui para elaborar projetos semelhantes e participar de concorrências; (2) confrontar os custos reais dos trabalhos em relação aos orçados para controlar, objetivando evitar inesperados custos adicionais em andamento do projeto; e, por fim, (3) utilizar as informações sobre custos estimados na renegociação de contratos.

A tomada de decisão depende de previsões precisas para não incorrer em mau uso de recursos ou eliminação de oportunidades (Karchere, 1976). Neste enfoque, para Silver (2000), na seleção do método de previsão é necessário considerar: (a) o objetivo da previsão; (b) até quando será realizada a predição; (c) a relação quantidade/custo das predições desejadas; (d) a experiência dos desenvolvedores; (e) o período; (f) é compatível com o sistema de planejamento já utilizado; (g) as características estatísticas das séries temporais; e (h) os dados históricos.

Previsões são obtidas a partir dos conceitos de custo real e previsão de custo, que possibilitam a comparação entre ambos. O custo real é aquele que realmente ocorreu no período de produção dos itens; assim, a previsão de custo refere-se ao futuro, ou seja, ao que ocorrerá para os itens que serão produzidos (Colmanetti, 2001). A possibilidade de prever os dados futuros, por meio do histórico de dados, é uma ferramenta interessante para apoiar as decisões individuais e organizacionais (Tong, 2015). Entretanto, é necessário que os métodos de previsão sejam adotados por gestores, com precaução, pois, além das próprias observações, outras variáveis devem ser consideradas, como bem pontua Stevenson (1981), de que as variáveis extrínsecas podem influenciar as observações históricas.

A taxa de câmbio é uma variável econômica que afeta os custos de produção dos insumos importados para a produção de suínos (Talamini & dos Santos Filho, 2015). Em 2014 e 2015, a desvalorização do real frente ao dólar influenciou, de forma negativa, a produção da suinocultura, pois acarretou uma inflação de custos nos insumos importados (Miele & Sandi, 2015).

A versão multiplicativa de HW tem sido comumente estudada na previsão dos custos de produção em segmentos distintos, e a sua adoção tem produzido previsões confiáveis comparadas às de outros modelos. Neste contexto, Brandon, Jarrett e Khumawala (1987) evidenciaram que o método de previsão de HW é bastante útil para os decisores e planejadores estratégicos que visam a um modelo rentável e relativamente preciso, com predições de valores fora da amostra de uma grande variedade e um vasto número de séries cronológicas.

Na área da saúde, o método foi adotado nos custos da eletricidade de um hospital da rede pública do Reino Unido. Realizou-se uma comparação com os métodos de alisamento exponencial simples e duplo, com a média móvel simples e dupla e com HW versões aditiva e multiplicativa, aplicados aos dados reais. O método de HW, versão multiplicativa, apresentou os melhores resultados e, sendo validado por especialistas e com medição de erro estatístico, incidiu na conclusão de que o método pode ser

utilizado na previsão de custos de eletricidade futuros (Kirkham, Boussabaine, & Kirkham, 2002).

Na construção civil, o método foi utilizado com base no índice de custos de construção (CCI), a partir dos preços de atividades de construção de 20 cidades norte-americanas. Com a comparação da previsibilidade dos modelos média móvel simples, suavização exponencial de Holt, Holt-Winters, ARIMA e ARIMA sazonal para modelar o CCI, o modelo ARIMA sazonal foi identificado como o modelo de séries temporais mais preciso e aplicável para a previsão na amostra de CCI. Na sequência, o *Holt-Winters* revelou-se como a abordagem de séries temporais mais precisa para a previsão de CCI para fora da amostra (Ashuri & Lu, 2010).

No Brasil, segundo Massilon (2013), no histórico do agronegócio, houve determinados períodos com aumento nos custos de produção e queda dos preços dos produtos da agropecuária, exigindo do produtor, ainda mais, a busca por menores custos para se manter competitivo e, até mesmo, para aumentar a sua competitividade.

A indústria de suínos foi selecionada para este estudo, pois o setor tem grande importância na economia do país. Em termos de competitividade de custos de produção de suínos, o Brasil foi líder em 2014 e 2015, entre os países analisados pela rede InterPIG e Embrapa Suínos e Aves (Miele & Sandi, 2015).

Ademais, o mercado da suinocultura brasileira, de acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS & SEBRAE, 2016), somou, em 2015, R\$ 62,576 bilhões do Produto Interno Bruto (PIB) da suinocultura, e a sua cadeia produtiva movimentou R\$ 149,867 bilhões. Além disso, conforme dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2015, 2016), nos anos de 2014 e 2015, o Brasil foi o 4º maior produtor mundial de suínos e o 4º maior exportador.

A suinocultura foi selecionada: (1) por ter uma série temporal potencialmente candidata ao modelo por suas premissas particulares de tendência e sazonalidade; (2) há flutuações diárias de preços de insumos de produção (milho e farelo de soja) que são commodities agrícolas vendidas; e (3) a série temporal dos custos de produção mensais de suínos está disponível (Embrapa, 2017).

Diante disso, o objetivo da pesquisa descrita neste artigo foi realizar previsões de curto prazo, especificamente num único horizonte de três meses à frente e comparar as previsões, por meio dos critérios MAD, MAPE e MSE, em série temporal de custos de produção do quilograma vivo de suínos.

## **2 BASE TEÓRICA**

A seguir, apresentam-se, com base na literatura consultada, séries temporais, o modelo de *Holt-Winters* (HW) e índices de desempenho.

### **2.1 Séries temporais**

Os métodos mais utilizados na prática para prever custos são: estimativas de engenharia; análise de contas; diagrama e estimativas alto-baixo e métodos estatísticos como análise de regressão (Maher, 2001). Nessa linha e de forma geral, previsões são resultantes de métodos que: (1) contemplam a coleta de informações importantes; e (2) analisam os dados para que, então, apliquem-se procedimentos quantitativos de séries temporais de informações do histórico, entre outros (Corrêa, 2012).

As séries cronológicas são formadas de valores observados em vários períodos ordenados e subsequentes (Kazmier, 1982; Stevenson, 1981). A compreensão das séries pretende verificar se há algum padrão não aleatório, com o objetivo de utilizar as séries para estimar os seus valores futuros com base nos valores passados (Stevenson, 1981). A decomposição de série temporal tem utilidade para o planejamento e previsão (Silver, 2000). Como exemplo para afirmação, o autor cita a relevância de se conhecer a amplitude da sazonalidade quando a demanda é sazonal.

Stevenson (1981) complementa que os modelos de séries temporais classificam-se em duas variantes: multiplicativo e aditivo. O primeiro considera a série como resultado do produto dos componentes individuais, enquanto que o segundo consiste na resultante da soma dos componentes individuais, sendo o multiplicativo o mais utilizado por trazer mais exatidão nas previsões.

## **2.2 Holt-Winters (HW)**

O modelo de previsão Holt foi criado em 1957, e o método Holt-Winters foi proposto por Winters em 1960, sendo uma extensão do modelo Holt, pois apresenta adicionalmente um parâmetro de suavização e uma equação para a sazonalidade (Makridakis, 1976). As principais vantagens da aplicação do HW são: a sua simples utilização (Chatfield, 1978; Chatfield & Yar, 1988; Silver, 2000); o seu bom desempenho, de modo geral e na prática (Chatfield & Yar, 1988); o baixo custo de operação (Newbold & Granger, 1974; Serra, Tavares, & Santos, 2005) e a utilidade que apresenta para prever semelhante ao modelo complexo ARIMA de Box-Jenkins (Silver, 2000).

De acordo com Chatfield (1978), o método de HW é mais apropriado para planejamento de produção e controle de estoque quando as previsões referem-se a um amplo número de observações. HW ainda possibilita que os dados sejam modelados pela média, tendência e sazonalidade locais, atualizadas pela suavização exponencial (Chatfield & Yar, 1988).

O método de HW baseia-se em equações apresentadas a seguir: a primeira, o componente nível (1), em seguida, o componente tendência (2) e, então, o componente sazonal (3) e, por fim, as previsões do tempo (4). Quanto à sazonalidade, pode-se adotar a versão sazonal aditiva que considera os efeitos sazonais de dimensionamento constante ou multiplicativo que supõem os efeitos sazonais simétricos em dimensão, em um nível médio dessazonalizado local (Chatfield, 1978). As equações das versões multiplicativa e aditiva são exibidas na sequência.

$$L_t = \alpha \left( \frac{x_t}{S_{t-m}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \gamma \left( \frac{x_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (3)$$

$$F_{t+n} = (L_t + nT_t)S_{t-m+n} \quad (4)$$

Fonte: Adaptado de Chatfield (1978).

Na versão aditiva, são as equações:

$$L_t = \alpha(x_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6)$$

$$S_t = \gamma(x_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-m} \quad (7)$$

$$F_{t+n} = L_t + nT_t + S_{t-m+n} \quad (8)$$

Fonte: Adaptado de Chatfield (1978).

Onde:  $L_t$  – estimativa do grau médio dessazonalizada no período  $t$ ;  $T_t$  – fator sazonal estimado para o tempo  $t$ ;  $S_t$  – prazo de tendência estimado para o tempo  $t$ ;  $m$  – número de considerações em ciclo sazonal;  $F_{t+n}$  – previsões de período  $n$  em diante;  $n = 1, 2, \dots$ ;  $x_t$  – número observado e  $\alpha, \beta$  e  $\gamma$  - constantes de ponderação de nível, tendência e sazonalidade, nesta ordem (Chatfield, 1978).

### 2.3 Índices de desempenho

Medidas de precisão ou erros são maneiras de obter informações sobre a predisposição de certo método de previsão para valores futuros dos dados reais, tanto

para medidas que são ajustadas aos dados quanto para períodos previstos, posteriores aos dados (Makridakis, 1993). O problema de identificar quais indicadores de acurácia devem ser utilizados para verificar o modelo de previsão mais exato é bastante enfatizado na literatura sobre o tema previsão, sendo que, dentre as classes de indicadores que se dedicam ao tema discrepância de previsão, estão *Mean Absolute Deviation* (MAD) equação (9) e *Mean Squared Error* (MSE) equação (10) (Fader, Hardie, & Zeithammer, 2003).

O MSE é um indicador vastamente adotado para verificar o desempenho de um método de previsão a um histórico de dados e a exatidão das predições feitas pelo método de previsão e, por vezes, coerente indicador de predição para examinar uma única série temporal (Chatfield, 1988). Ainda sobre o MAD e o MSE, estes são medidas utilizadas para observar o desempenho de um método de previsão já selecionado (Moreira, 2011).

Outro indicador utilizado na intenção de comparar qual versão multiplicativa ou aditiva ajustou-se melhor aos dados foi *Mea Absolute Percentage Error* (MAPE) equação (11). Neste aspecto, o MAPE pode ser mais apropriado, pois gera os resultados em percentagem média, facilitando a compreensão da informação pelos tomadores de decisão por ser uma medida estatística em porcentagem (Makridakis, 1993).

Em alguns estudos, foram adotadas as medidas de precisão MAD, MAPE e MSE para verificar a acuracidade do modelo HW, tais como a pesquisa dos autores (Ashuri & Lu, 2010), na previsão do índice de custo de construção (CCI); (Oliveira, Bortolotti, Minosso, & Lazzarotto, 2013), na previsão de quantidade de leite vendida e (Schrippe, Santos, Vincenzi, Junior, & Iarczewski, 2015), na previsão do lucro líquido da Natura, respectivamente nos setores de indústria da construção nos Estados Unidos, na indústria de produção leiteira em um laticínio paranaense e na indústria Brasileira de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. Além disso, Milnitz, Marchi e Samohyl (2011) consideram que métodos de predição necessitam de avaliações, por meio das medidas de discrepância. As equações são:



$$MAD = \frac{\sum |Y-D|}{n} \quad (9)$$

$$MSE = \frac{\sum(Y-D)^2}{n-1} \quad (10)$$

$$MAPE = \frac{\sum |Y-D|/|Y|}{n} \cdot 100, (Y \neq 0) \quad (11)$$

Fonte: Adaptado de Moreira (2011).

Sendo, Y = valor real de custo; D = predição; n = número de observações.

A partir disso, as medidas de erro MAD, MSE e MAPE são importantes indicadores para avaliar o desempenho do modelo HW.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A pesquisa descreveu o comportamento da amostra referente a custos de produção de suínos de 2007 até julho 2017, por meio de variações percentuais. Para adoção do modelo, foram utilizados dados do estado de Goiás da Central de Inteligência de Aves e Suínos (CIAS), que pertence à empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017).

Os dados são referentes aos custos de produção de suínos nos períodos de janeiro de 2007 a julho de 2017, atingindo 127 períodos mensais de amostra.

Os dados utilizados encontram-se na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1  
Custo de produção de suínos, ciclo completo R\$/Kg vivo de janeiro de 2007 a julho de 2017

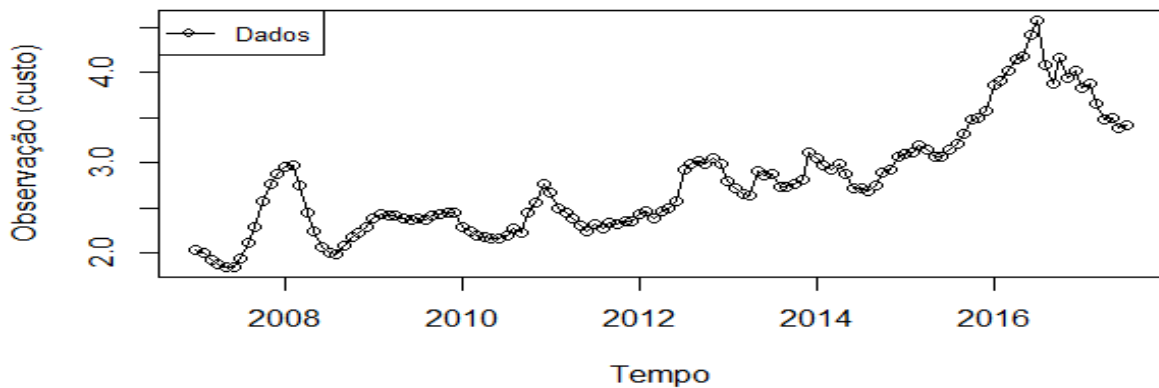
Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dev
2007	2,03	2,01	1,92	1,87	1,85	1,85	1,94	2,12	2,29	2,57	2,77	2,88
2008	2,95	2,97	2,75	2,45	2,24	2,06	2,00	1,99	2,08	2,18	2,22	2,29
2009	2,38	2,43	2,42	2,41	2,39	2,37	2,38	2,37	2,41	2,43	2,44	2,44
2010	2,29	2,24	2,19	2,18	2,16	2,17	2,2	2,28	2,22	2,45	2,56	2,76
2011	2,67	2,5	2,45	2,38	2,31	2,24	2,32	2,27	2,34	2,32	2,36	2,35
2012	2,43	2,47	2,38	2,46	2,49	2,58	2,92	2,98	3,02	2,99	3,05	2,98
2013	2,8	2,71	2,66	2,64	2,9	2,86	2,88	2,74	2,74	2,76	2,81	3,11
2014	3,05	2,97	2,92	2,98	2,88	2,71	2,72	2,68	2,75	2,89	2,92	3,06
2015	3,09	3,11	3,2	3,15	3,07	3,06	3,15	3,21	3,32	3,48	3,49	3,57
2016	3,86	3,9	4,02	4,15	4,18	4,41	4,57	4,08	3,88	4,16	3,94	4,01
2017	3,83	3,87	3,66	3,48	3,50	3,38	3,42	-	-	-	-	-

**Nota.** Fonte: Adaptada pelos autores a partir dos dados da Embrapa (2017).

A aplicação dos modelos de HW ocorreu por intermédio da linguagem de programação R. Procederam-se às previsões e à acuracidade no R Studio, mediante o pacote *forecast* (Hyndman & Khandakar, 2008; Hyndman, O'Hara-Wild, Bergmeir, Razbash, & Wang, 2017). A análise quantitativa dos dados seguiu o que ponderam Bettis, Gambardella, Helfat e Mitchell (2014) sobre o seu uso na pesquisa em administração, quanto à previsão de ocorrências futuras versus dados empíricos. Assim, contemplando o período entre janeiro de 2007 e julho de 2017, verificou-se o comportamento das previsões em relação aos dados reais, já disponibilizados em Embrapa (2017) e concernentes ao período de agosto a outubro de 2017.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo as orientações de Hyndman e Athanasopoulos (2013), que recomendam inicialmente mostrar os dados em gráfico, por meio do qual se encontram padrões presentes de tendência e sazonalidade nos dados, plotou-se o gráfico de série temporal representado na Figura 1.

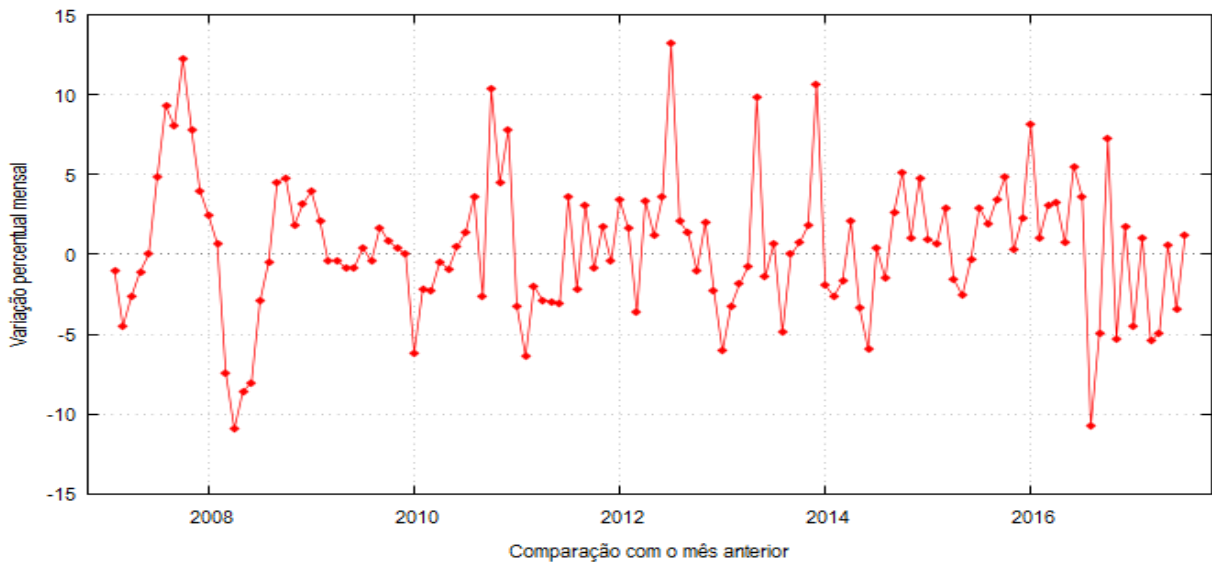


**Figura 1. Custo de produção de suínos, ciclo completo, R\$/Kg vivo, no estado de Goiás**

Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados da Embrapa (2017).

Pelos dados demonstrados de custo de produção, há uma clara tendência positiva que parece aumentar no final da série, exceto no primeiro semestre de 2008, quando ocorreram as maiores quedas percentuais (7,40%, 10,90%, 8,57%, 8,03%), de março a junho, em comparação com o mês anterior, sendo os maiores aumentos mensais e consecutivos no segundo semestre de 2007 (4,86%, 9,27%, 8,01%, 12,22%, 7,78%, 3,97%), de julho a dezembro.

Na Figura 2, apresenta-se um gráfico elaborado a partir de análises de variação percentual mensal dos custos de produção de suínos com base nos dados secundários. Nota-se um padrão repetitivo nos dados dos meses de março quando comparados ao mês anterior (fevereiro) de quedas percentuais, caracterizando um comportamento sazonal anual que pode ser visto na Figura 2. Contudo, percebe-se que, com exceção nos meses de março de 2015 e 2016, nesses meses houve um baixo crescimento de 2,89% e 3,07% em comparação aos respectivos meses anteriores de cada ano (fevereiro). No entanto, em março de 2017, retomou-se uma queda de (5,43%), o que confirma o comportamento sazonal dos dados.



**Figura 2. Variação percentual mensal dos custos de produção de suínos de 02/2007 a 07/2017**  
 Fonte: Elaborada pelos autores, com base em Embrapa (2017).

Silver (2000) sugere que deve ser aplicado o método de HW para as séries temporais que apresentem padrão de sazonalidade. Diante das constatações, os dados têm duas características identificadas: por meio da variação percentual e decomposição da série temporal. Ambas são os componentes tendência e sazonalidade, características dos dados que demonstram que o modelo HW é adequado para a série temporal selecionada neste estudo.

Os parâmetros adotados pelo pacote *forecast* (Hyndman & Khandakar, 2008; Hyndman et al., 2017), de suavização ou alisamento, são alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ), nesta sequência: da versão multiplicativa para as equações de nível (1), tendência (2) e sazonalidade (3) e a versão aditiva de nível (5), tendência (6) e sazonalidade (7) são demonstrados na Tabela 2.

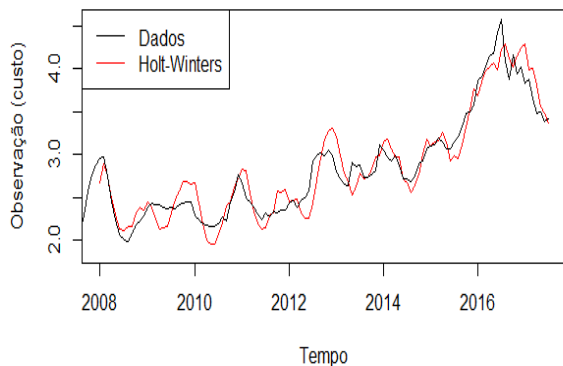
Tabela 2

**Parâmetros das previsões dos modelos**

HW multiplicativa ( $\alpha, \beta, \gamma$ )	(0.6523389,0,1)
HW aditiva ( $\alpha, \beta, \gamma$ )	(0.9729007,0,1)

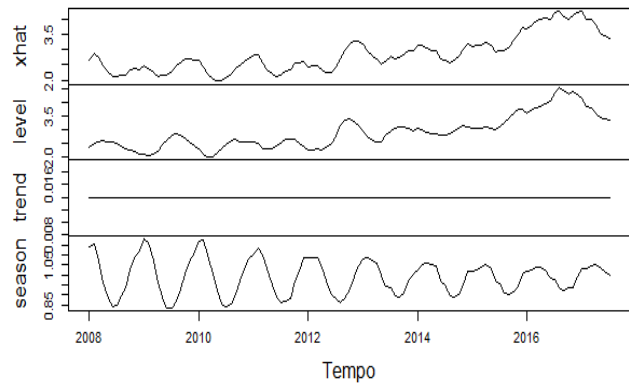
**Nota.** Fonte: elaborada pelos autores

A série temporal dos dados históricos de custo de produção de janeiro de 2007 a julho de 2017 foi decomposta para versão multiplicativa, em observações, nível, tendência e sazonalidade. A demonstração gráfica está na Figura 4. Observadas as Figuras 3 e 6, as séries temporais com observações e das versões multiplicativa e aditiva foram mostradas para visualizar o acompanhamento das versões com os dados reais antes das previsões.



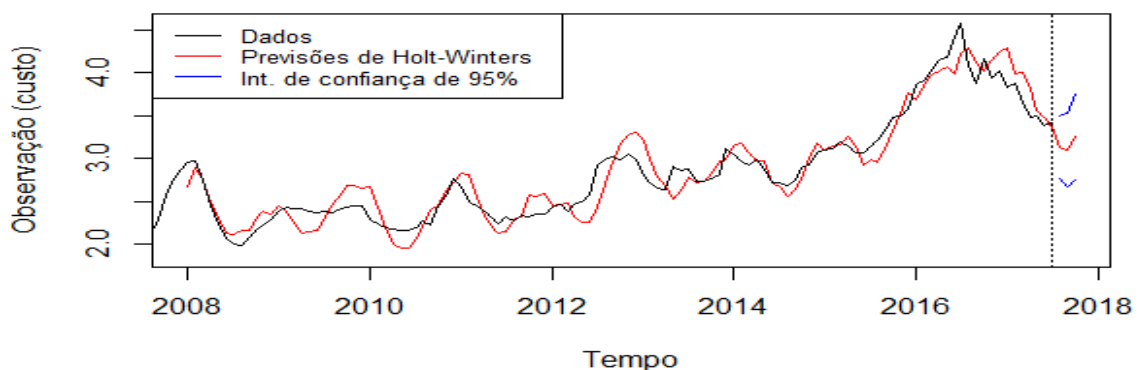
**Figura 3. Série temporal da versão multiplicativa**

Fonte: Elaborada pelos autores, com base



**Figura 4. Decomposição da série multiplicativa em observação, nível, tendência e sazonalidade**

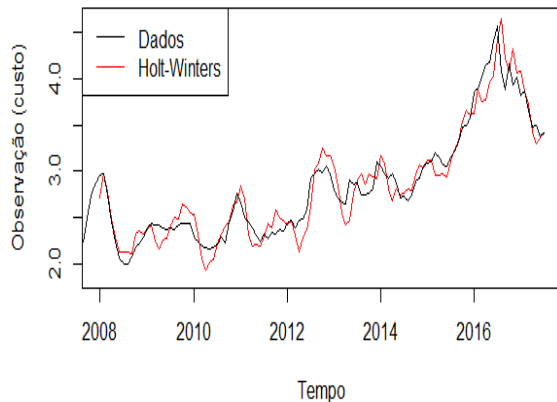
Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados da Embrapa (2017).



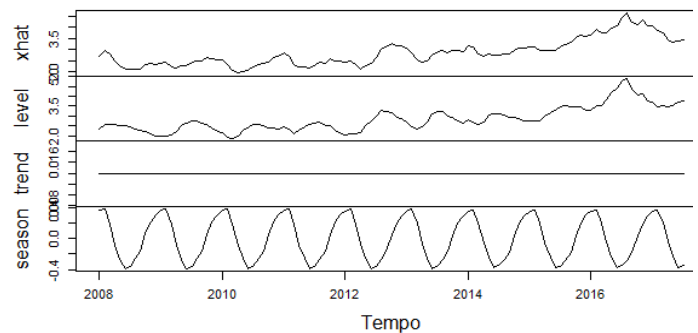
**Figura 5. Previsão versão multiplicativa de agosto até outubro de 2017, com intervalo de confiança de 95%**

Fonte: Elaborada pelos autores, com base em Embrapa (2017).

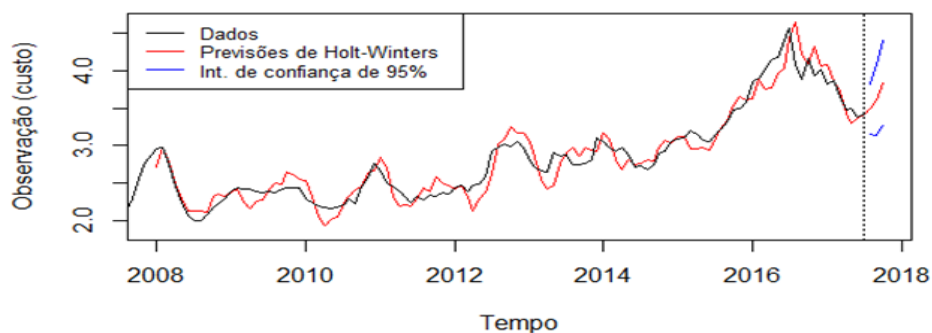
Em seguida, como está apresentada na Figura 7, a série temporal foi decomposta em componentes: observações, nível, tendência e sazonalidade, nesta ordem.



**Figura 6. Série temporal da versão aditiva**  
Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados da Embrapa (2017).



**Figura 7. Decomposição da série aditiva em observação, nível, tendência e sazonalidade**  
Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados da Embrapa (2017).



**Figura 8. Previsão versão aditiva de agosto até outubro de 2017, com intervalo de confiança de 95%**  
Fonte: Elaborada pelos autores, com base em Embrapa (2017).

As previsões em números, tanto da versão multiplicativa quanto da aditiva, para os meses de agosto até outubro de 2017, podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3  
Comparação dos valores previstos com dados reais

Meses	Ano-2017		Previsões aditiva
	Dados reais	Previsões multiplicativa	
Agosto	3,48	3,14	3,49
Setembro	3,46	3,10	3,61
Outubro	3,57	3,25	3,84

**Nota.** Fonte: elaborada pelos autores, com base em Embrapa (2017).

Os cálculos das medidas de erro MAD, MAPE e MSE também foram executados com o pacote *forecast* no *R studio* (Hyndman & Khandakar, 2008; Hyndman et al., 2017). Os resultados são demonstrados na Tabela 4. Na comparação dos modelos HW versões aditiva e multiplicativa, a aditiva obteve destaque na acurácia, com base nos valores de MAD, MAPE e MSE, por serem menores do que a versão multiplicativa, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4  
Medidas de erro

Holt-Winters multiplicativa	9,763821%	0,3417754	0,115867
Holt-Winters aditiva	4,070326%	0,1436272	0,032018

**Nota.** Fonte: Elaborada pelos autores, com base em dados da Embrapa (2017).

O estudo reforça outros estudos realizados com o método de HW em setores distintos como o da construção civil (Ashuri & Lu, 2010) e energia nos custos de eletricidade hospitalar (Kirkham et al., 2002) sobre a precisão do modelo HW na previsão de custos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados da pesquisa, considerando os dados de custos de produção de suínos, do período de janeiro de 2007 a julho de 2017, em relação à previsibilidade do período de agosto a outubro de 2017, na comparação com os dados reais do período de previsão, constatou-se que a versão aditiva do modelo superou a versão multiplicativa em todas as medidas de erro.

As previsões do modelo HW, versões aditiva e multiplicativa, com os dados de custos de produção de suínos, demonstraram o comportamento das predições de três meses (Figuras 5 e 8). Compararam-se os dados reais de custo de produção de agosto a outubro de 2017, com as previsões do modelo (Tabela 3), sendo que a versão aditiva apresentou menores medidas de erro.

Verificou-se que as duas versões apresentaram baixo MAPE, como expresso na Tabela 4. No entanto, a versão aditiva ajustou-se melhor aos dados e, por isso, apresentou melhor acuracidade (Tabela 4). Portanto, a versão aditiva foi mais precisa na previsão do que a multiplicativa, tornando-se perceptível a capacidade que o método de previsão de HW proporciona para fazer previsões de custo de produção de suínos de curto prazo.

A constatação do estudo ora apresentada não assegura que, em outros estudos, adotando o mesmo método com dados distintos de custos de produção de suínos ou, até mesmo, de outro segmento da pecuária ou não, os mesmos resultados possam ser alcançados. Para pesquisas futuras, sugere-se realizar as previsões do método ARIMA no horizonte de previsão de curto, médio e longo prazos e comparar os resultados com o modelo *Holt-Winters*.

## REFERÊNCIAS

ABCS, A. B. dos C. de S. & SEBRAE, S. B. de A. às M. e P. E. (2016). *Mapeamento da suinocultura brasileira*. Brasília, DF. Recuperado de: <<https://goo.gl/QM1Tss>>.



- ABPA. (2015). *Relatório anual 2015*. São Paulo: Associação Brasileira de Proteína Animal. Recuperado de: <<https://goo.gl/vrW7aT>>.
- ABPA. (2016). *Relatório Anual 2016*. São Paulo: Associação Brasileira de Proteína Animal. Recuperado de: <<https://goo.gl/CSF3jE>>.
- Ashuri, B. & Lu, J. (2010). Time series analysis of ENR construction cost index. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(11), 1227–1237.
- Bettis, R., Gambardella, A., Helfat, C., & Mitchell, W. (2014). Quantitative empirical analysis in strategic management. *Strategic Management Journal*, 35(7), 949–953.
- Brandon, C., Jarrett, J. E., & Khumawala, S. B. (1987). A Comparative Study of the Forecasting Accuracy of Holt-Winters and Economic Indicator Models of Earnings Per Share For Financial Decision Making. *Managerial Finance*, 13(2), 10–15.
- Chatfield, C. (1978). The Holt-Winters Forecasting Procedure. *Journal of the Royal Statistical Society*, 27(3), 264–279.
- Chatfield, C. (1988). Apples, oranges and mean square error. *International Journal of Forecasting*, 4(4), 515–518.
- Chatfield, C. & Yar, M. (1988). Holt-Winters forecasting: some practical issues. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*, 37(2), 129–140.
- Colmanetti, M. S. (2001). *Modelagem de sistemas de manufatura orientada pelo custeio das atividades e processos (Escola de)*. São Carlos. Recuperado de: <<https://goo.gl/4Dr85Q>>.
- Corrêa, H. (2012). *Administração de produção e operações: manufatura e serviços - uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas.
- Embrapa. (2017). *Custo de produção de suínos ciclo completo*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves. Recuperado de: <<https://goo.gl/Ac21eb>>.
- Fader, P. S., Hardie, B. G. S., & Zeithammer, R. (2003). Forecasting New Product Sales in a Controlled Test Market Environment. *Journal of Forecasting*, 22(215), 391–410.
- Giroto, A. F. & dos Santos Filho, J. I. (2000). *Custo de Produção de Suínos*. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves. Recuperado de: <<https://goo.gl/AuuXdk>>.
- Giroto, A. F. & Protas, J. F. da S. (1989). *Custo de produção de suínos para abate: uma revisão*. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPISA. Recuperado de: <<https://goo.gl/zUmedx>>.
- Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G. (2013). *1.6 The basic steps in a forecasting task. In Forecasting: principles and practice*. Melbourne, Australia: OTexts. Recuperado

de: <<https://goo.gl/jj3uBe>>.

- Hyndman, R. J. & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: The forecast package for R. *Journal Of Statistical Software*, 27(3), 22.
- Hyndman, R., O'Hara-Wild, M., Bergmeir, C., Razbash, S., & Wang, E. (2017). *Forecasting Functions for Time Series and Linear Models*. Package 'forecast': CRAN.
- Karchere, A. J. (1976). Forecast error and planning. *Palgrave Macmillan Journals*, 11(3), 70–73.
- Kazmier, L. J. (1982). *Estatística aplicada à economia e administração*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Kirkham, R. J., Boussabaine, A. H., & Matthew P. Kirkham. (2002). Next Page A Risk Integrated Forecasting Model Of Electricity Cost In An Nhs Acute Care Hospital Building : An Application To Whole Life Cycle Costing. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 9, 38–52.
- Maher, M. (2001). *Contabilidade de custos: criando valor para a administração*. (1a ed.). São Paulo: Atlas.
- Makridakis, S. (1976). A Survey of Time Series. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 44(1), 29.
- Makridakis, S. (1993). Accuracy concerns measures: theoretical and practical concerns. *International Journal of Forecasting*, 9, 527–529.
- Massilon, J. A. (2013). *Fundamentos de agronegócios*. São Paulo: Atlas.
- Medeiros, O. R. de, Costa, P. de S., & Silva, C. A. T. (2005). Testes empíricos sobre o comportamento assimétrico dos custos nas empresas brasileiras. *Revista Contabilidade & Finanças*, 16(38), 47–56.
- Miele, M. & Sandi, A. J. (2015). Custos de produção, câmbio e competitividade da suinocultura brasileira a partir dos dados da rede InterPIG. *Suinocultura Industrial*, 38(268), 10.
- Milnitz, D., Marchi, J. J., & Samohyl, R. W. (2011). Previsão da demanda: uma aplicação do método Holt-Winters em uma indústria têxtil de grande porte. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*. Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.
- Moreira, D. A. (2011). *Administração da produção e operações*. São Paulo: Cengage Learning.

- Newbold, P. & Granger, C. W. J. (1974). Experience with Forecasting Univariate Time Series and the Combination of Forecasts. *Wiley for the Royal Statistical Society*, 137(2), 131–165.
- Oliveira, K. de, Bortolotti, S. L. V., Minosso, A. M., & Lazzarotto, T. C. (2013). Utilização do modelo holt-winters para previsão das vendas de leite em um laticínio no oeste paranaense. *Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura*, 13, 147–156.
- Schrippe, P., Santos, S. R. dos, Vincenzi, S. L., Junior, F. de J. M., & Iarczewski, A. M. W. (2015). Estratégia Empresarial Para a Natura: Análise De Correlação E Previsão Dos Lucros Por Meio Do Modelo Holt-Winters. *Reuna*, 20(4), 5–26.
- Serra, C. M. V., Tavares, H. R., & Santos, J. C. C. (2005). Aplicação de séries temporais na análise de demanda turística no estado do Pará usando os modelos de Holt-Winters. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Porto Alegre, RS, Brasil, 25.
- Silver, M. (2000). *Estatística para administração*. São Paulo: Atlas.
- Stevenson, W. J. (1981). *Estatística aplicada à administração*. São Paulo: Harper & Row do Brasil.
- Talamini, D. J. D. & dos Santos Filho, J. I. (2015). *Como vai a Suinocultura Brasileira. Anuário Da Suinocultura Industrial*. Florianópolis, SC.
- Toigo, L. A., Gollo, V., Leite, M., & Klann, R. C. (2015). Análise comparativa dos custos de produção de suínos sob a ótica da teoria contratual. *ABCustos*, 10(2).
- Tong, H. (2015). Threshold Models in Time Series Analysis – Some Reflections. *Journal of Econometrics*, 4(2), 485–491.

Data de Submissão: 07/05/2018

Data de Aceite: 18/07/2018