

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE HOLT-WINTERS PARA PREVISÃO DO LEITE ENTREGUE ÀS INDÚSTRIAS CATARINENSES

Robert Wayne Samohyl

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC. Florianópolis-SC.
E-mail: samohyl@eps.ufsc.br

Rubson Rocha

Pesquisador da Epagri e Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC. Florianópolis-SC.
E-mail: rubson@eps.ufsc.br

Viviane Leite Dias de Mattos

Professora da UCPelotas e Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC. Florianópolis-SC.
E-mail: vldm@bol.com.br

Abstract:

The behavior of the milk delivery to the industries from Santa Catarina State was analysed. The milk production in the State of Santa Catarina has been increasing in the last years, with an outstanding monthly seasonality. The use of exponential method of Holt-Winters to forecast the monthly milk deliveries was not satisfactory, because the additive and multiplicative models of this method didn't get to capture some present information in the time series data.

Keywords: Milk, Forecasting, Holt-Winters Method

1. Introdução

O leite constitui-se uma importante atividade agropecuária no Estado de Santa Catarina, que é o sexto produtor de leite nacional, respondendo por cerca de 5% da produção brasileira (ICEPA, 2000).

Um dos principais problemas da ciência é a previsão. A análise de séries temporais é uma área de pesquisa relevante em diversos campos do conhecimento, tendo como principal objetivo em suas pesquisas, providenciar uma previsão, quando o modelo matemático de um fenômeno é desconhecido ou incompleto. Uma série temporal consiste de medidas ou observações previamente obtidas de um fenômeno que são realizadas seqüencialmente sob um intervalo de tempo. Se estas observações consecutivas são dependentes uma da outras então é possível conseguir-se uma previsão.

O objetivo do presente trabalho é utilizar os métodos exponenciais como ferramentas para prever a quantidade recebida mensalmente pelas indústrias de laticínios no Estado de Santa Catarina.

2. Métodos de previsão

Os métodos de precisão são classificados em qualitativos ou baseados no julgamento (opinião do pessoal envolvido) e quantitativos ou matemáticos.

Os métodos quantitativos se subdividem em métodos causais e séries temporais. As atenções se concentrarão nos métodos matemáticos baseados nas séries temporais, uma vez

que o modelo matemático para o evento em estudo não foi ainda definido. Os métodos quantitativos podem ser aplicados quando algumas condições existirem (MAKRIDAKIS et al., 1998): informação sobre o passado for disponível; esta informação pode ser quantificada (dados numéricos); e os padrões que ocorreram no passado continuarão a ocorrer no futuro (pressuposto da continuidade).

A previsão, como ferramenta, deve ser executada considerando-se alguns importantes passos: i) definição do problema (conhecer o problema, utilidade da previsão, entre outros); ii) coleta de informação (dados); iii) análise preliminar dos dados (através de gráficos e medidas descritivas); iv) escolha e ajuste de modelos; e v) uso e avaliação do modelo de previsão (MAKRIDAKIS et al., 1998).

2.1 Métodos quantitativos baseados nas séries temporais

Uma série temporal, $f(t)$, pode ser definida como uma função de uma variável independente tempo t , vinculada a um processo em que uma descrição matemática é desconhecida (ou considerada como tal). A característica principal de tais séries é que o seu comportamento futuro não pode ser previsto exatamente, como pode ser previsto de uma função determinística, conhecida em t . Contudo, o comportamento de uma série temporal pode algumas vezes ser antecipado através de procedimentos estocásticos.

A análise das séries temporais pode desenvolver-se sem que se tenha como determinar o espaço de tempo mínimo necessário para que os resultados sejam os mais eficientes; porém, pode-se afirmar que quanto maior for este espaço de tempo, melhor. Dependendo da amplitude considerada, pode-se identificar quatro comportamentos ou efeitos associados a uma série temporal: o efeito de tendência, o efeito sazonal, os ciclos de negócios e as variações irregulares ao acaso.

3. Aplicações e resultados

3.1 Definição do problema

O estudo será realizado sobre a quantidade de leite recebida pelas indústrias inspecionadas no Estado de Santa Catarina. A previsão do comportamento futuro seria de interesse de diversos setores relacionados a cadeia produtiva do leite, tendo em vista que a indústria de laticínios catarinense poderia adequar melhor sua planta industrial, administrar melhor a mão-de-obra (férias, contratações); os produtores poderiam manejar o gado estabelecendo que a produção de leite de sua propriedade fosse maior nos meses em que houvesse déficit na entrega, obtendo melhores preços; os órgãos de fomento (governamentais ou não) implementariam ações para evitar a sazonalidade na entrega do leite, evitando importações para suprir a demanda estadual; entre outras.

3.2 Coleta de informação

Os dados históricos da quantidade de leite recebida pelas indústrias inspecionadas no Estado de Santa Catarina, no período de 1989 a 1999 (página 87, ICEPA, 2000) estão na Tabela 1.

Aos dados da Tabela 1 será necessário efetuar uma transformação, devido à diferenças de número de dias em cada mês. O ajuste de calendário, considerando à

variação no número de dias entre os meses (31, 30, 29 e 28 dias), foi aplicado aos dados da série temporal, conforme fórmula abaixo:

$$Quantidade\ Leite_{30\ dias} \text{ mês}_t = Quantidade\ Leite \text{ mês}_t \times \frac{365,25 \div 12}{n^\circ \text{ de dias no mês}_t}$$

TABELA 1 - Quantidade mensal de leite (em milhões de litros) recebida pelas indústrias catarinenses, no período de 1989 a 1999.

Mês	Anos										
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Janeiro	19,96	21,99	20,34	25,61	24,71	25,67	30,05	34,48	36,77	40,45	37,11
Fevereiro	17,74	19,39	18,64	23,00	21,96	22,42	26,51	31,49	32,83	36,12	34,01
Março	18,39	19,72	18,76	23,04	22,10	23,46	26,85	31,07	33,28	36,61	35,09
Abril	16,04	17,18	18,00	20,47	20,27	20,14	23,67	27,67	29,69	32,66	31,87
Mai	14,90	17,84	17,36	20,33	20,27	20,55	25,04	27,68	29,69	32,65	32,88
Junho	16,07	16,05	17,34	20,18	19,63	22,04	26,09	27,14	29,75	32,73	33,38
Julho	16,87	17,90	19,69	21,97	21,82	24,16	29,29	31,09	32,97	36,26	41,68
Agosto	18,38	19,62	20,62	22,76	23,64	27,44	32,72	34,33	35,90	39,49	44,93
Setembro	19,74	20,44	22,51	24,18	23,97	26,94	32,41	33,11	36,82	40,50	46,15
Outubro	21,79	22,56	22,99	25,84	25,12	27,89	32,16	32,99	38,49	42,34	44,23
Novembro	21,74	22,50	23,49	24,05	25,65	27,93	31,80	32,76	38,26	42,09	43,71
Dezembro	22,26	23,23	25,06	24,23	27,17	31,30	32,66	32,89	39,92	43,91	45,46

Fonte: ICEPA, 2000.

3.3 Análise preliminar dos dados

A tendência de aumento na quantidade de leite entregue com o passar dos anos e uma sazonalidade dentro do ano podem ser vistos na Figura 1.

Através do gráfico sazonal (Figura 2) observa-se claramente a tendência dos anos mais recentes terem maiores valores, a sazonalidade mensal com a queda na entrega do mês de janeiro até maio e que os meses de abril, maio e junho, dentro de cada ano, são os que apresentam as menores quantidades de leite entregues às indústrias catarinenses.

O incremento médio anual na quantidade entregue, no período de 1989 a 1999, foi de aproximadamente 7,7%. Alguns anos apresentaram maiores aumentos, como em 1992, com 12,3%, e 1995 com 16,5%. De 1992 para 1993, houve o menor aumento de 0,5% na quantidade entregue de leite.

A média mensal de entrega de leite foi 27,47 milhões de litros, com um desvio padrão de 7,71 milhões de litros (variando de 14,63 a 46,82). O ano com maior variação mensal na entrega de leite foi 1999, apresentando um desvio padrão de 5,37 milhões de litros.

3.4 Escolha e ajuste do modelo de previsão

Quando os dados de séries temporais não apresentam tendência ou sazonalidade, os métodos exponenciais simples ou por médias móveis podem ser utilizados em previsão. Na presença de tendência, o método de Holt é o mais indicado. Entretanto, a presença de sazonalidade no comportamento da série temporal, inviabiliza a utilização dos métodos mais simples.

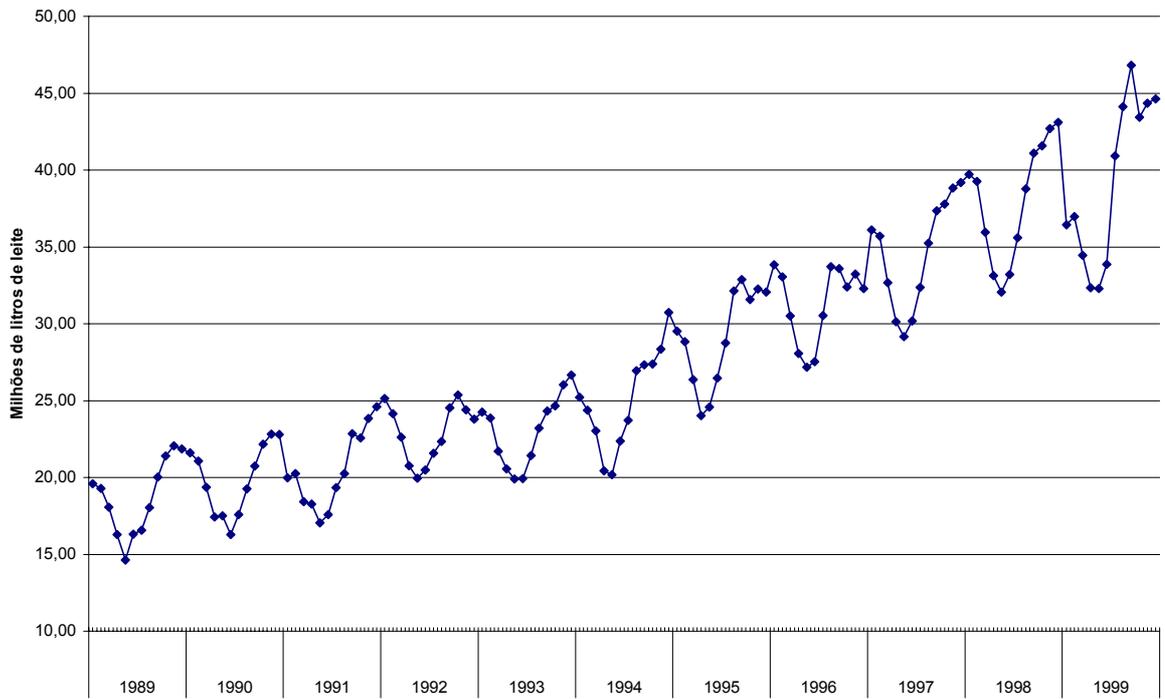


Figura 1- Leite recebido pelas indústrias catarinenses, corrigido para mês de 30 dias.

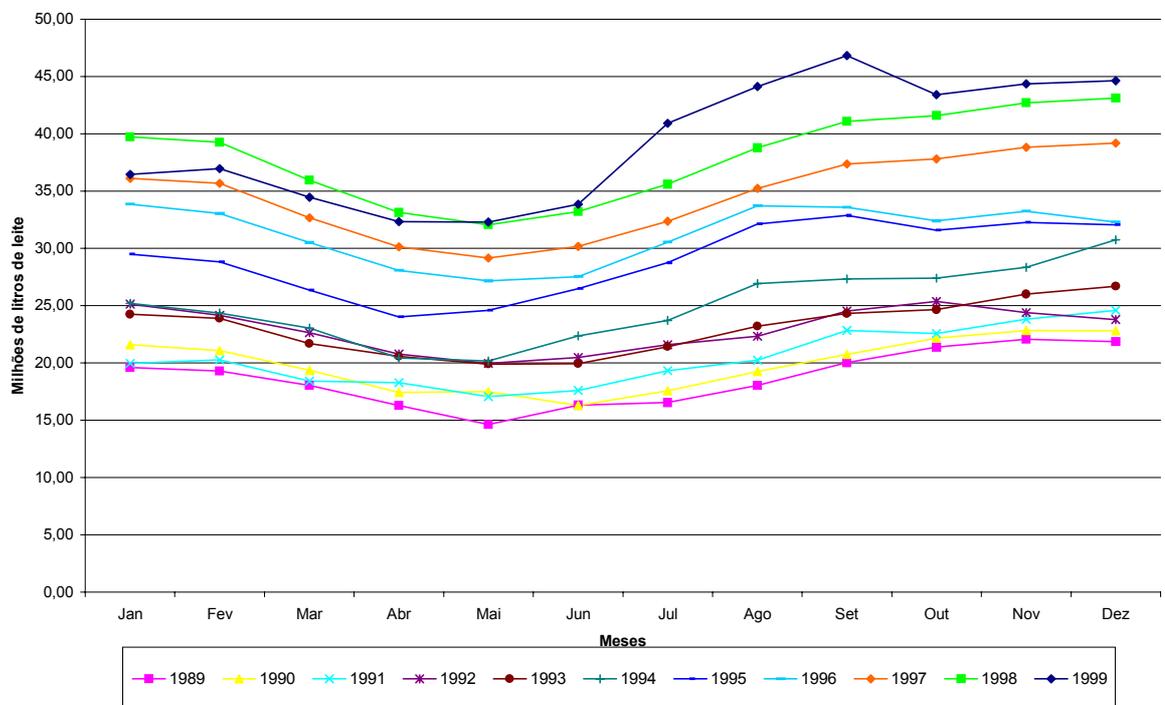


Figura 2 - Quantidades mensais de leite entregue às indústrias catarinenses, corrigidas para 30 dias.

Pelas análises preliminares feitas sobre os dados, nas quais revelou-se a presença de componentes de tendência e de sazonalidade, torna-se apropriado a utilização do método de Holt-Winters para efetuar previsões.

O método de Holt-Winters é baseado em três equações alisadoras. Uma para o nível, outra para tendência e outra para sazonalidade. A sazonalidade pode ter efeito multiplicativo ou aditivo. As equações básicas para ambos os tipos de modelo estão na Tabela 2.

TABELA 2 - Equações comparativas dos modelos de Holt-Winters multiplicativo e aditivo.

	Holt-Winters multiplicativo	Holt-Winters aditivo
Nível	$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ (1)	$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ (5)
Tendência	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$ (2)	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$ (6)
Sazonalidade	$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s}$ (3)	$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s}$ (7)
Previsão	$F_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t-s+m}$ (4)	$F_{t+m} = L_t + b_{t-m} + S_{t-s+m}$ (8)
<p>Onde: 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 e γ - parâmetros exponenciais alisadores, do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente.</p>		

Para a realização das previsões utilizou-se o pacote estatístico Statistica (STATSOFT, 1998), deixando-se os dados do último ano (1999) para avaliar os modelos (quadro teste).

A escolha dos valores para os parâmetros α, β e γ foi realizada, pelo pacote estatístico, com a minimização de alguns índices (erro relativo absoluto, por exemplo), sendo definidos como 0,9; 0,1 e 0,1 respectivamente.

3.4.1 Comparação de modelos

O comportamento padrão para a entrega de leite às indústrias catarinenses parece melhor explicado por uma sazonalidade multiplicativa. Na Tabela 3, todas as estatísticas padrões para testar a precisão das previsões foram melhores para o modelo multiplicativo do Método de Holt-Winters.

A estatística U de Theil considera o custo desproporcional dos grandes erros e proporciona uma base relativa para comparações com métodos mais simples. Quanto mais próximo do zero for a estatística U de Theil, melhor será a técnica de previsão usada. Valores iguais ou superiores a 1 (um) indicam que não há porque usar a técnica aplicada, pois qualquer método simples daria melhores resultados (MAKRIDAKIS et al., 1998).

TABELA 3 - Comparação dos modelos de Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) nas medidas de precisão das previsões.

Estatísticas padrões	Aditivo	Multiplicativo
Erro médio	0,02	0,01
Erro absoluto médio	0,75	0,62
Soma de quadrados dos erros	113,80	98,04
Erro quadrado médio	0,95	0,82
Erro relativo médio	0,01	-0,04
Erro relativo absoluto médio	3,05	2,53
Estatística U de Theil	0,62	0,58

$$S_0 = 17,58 ; T_0 = 0,1790 \quad S_0 = 17,58 ; T_0 = 0,1790$$

Fatores sazonais para o modelo aditivo: 1 = 2,85; 2 = -0,39; 3 = -0,31; 4 = -3,29; 5 = -3,3; 6 = -3,54; 7 = -1,13; 8 = 0,93; 9 = 1,28; 10 = 2,19; 11 = 1,85; 12 = 2,86.

Fatores sazonais para o modelo multiplicativo: 1 = 110,97; 2 = 98,06; 3 = 98,62; 4 = 87,7; 5 = 87,62; 6 = 86,76; 7 = 95,1; 8 = 102,44; 9 = 104,47; 10 = 108,83; 11 = 107,44; 12 = 111,92.

Nas Figuras 3 e 4, estão graficamente representadas as previsões pelos modelos aditivo e multiplicativo de Holt-Winters.

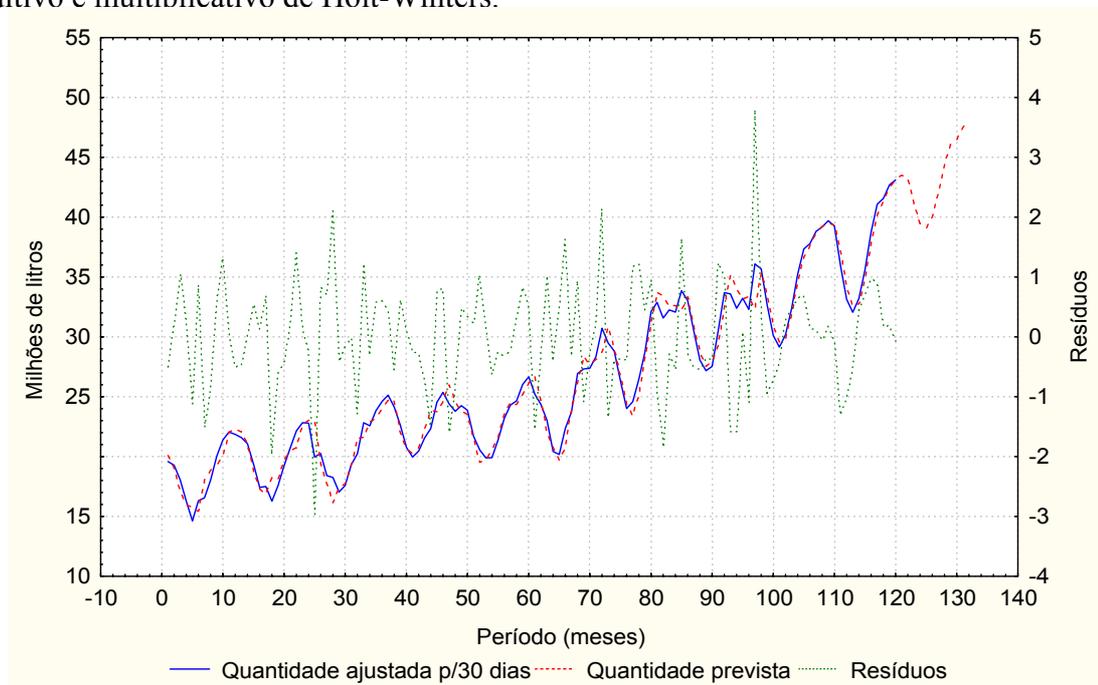


Figura 3 – Quantidade mensal de leite entregue (ajustada para 30 dias), quantidade prevista e resíduos da análise pelo Método Aditivo de Holt-Winters.

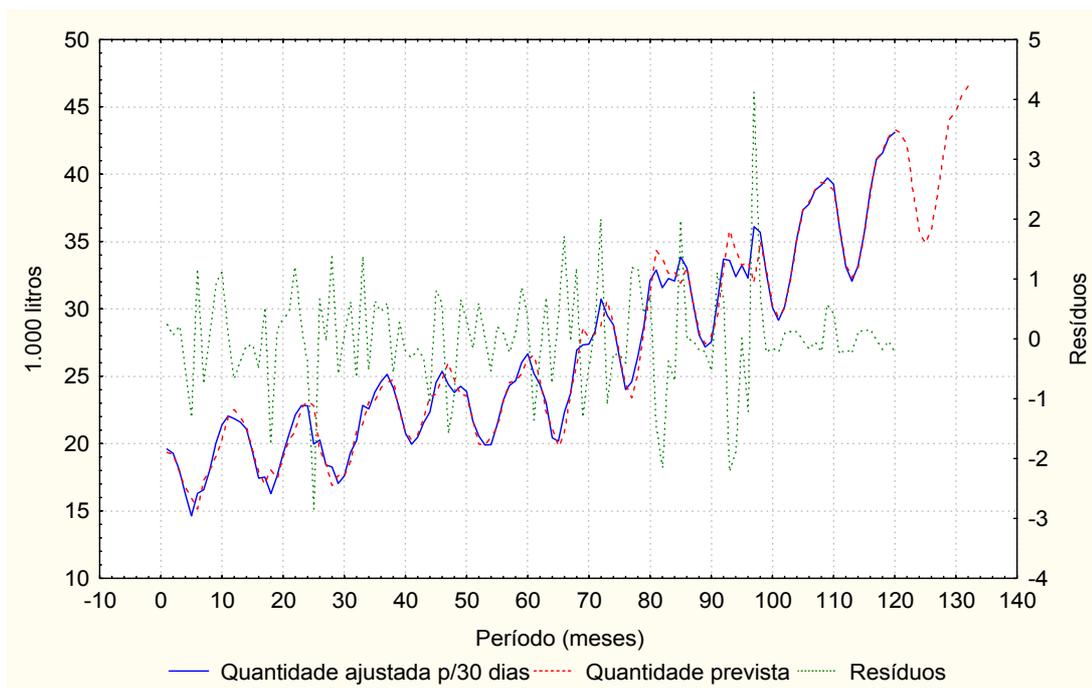


Figura 4 – Quantidade mensal de leite entregue (ajustada para 30 dias), quantidade prevista e resíduos da análise pelo Método Multiplicativo de Holt-Winters.

3.5 Uso e avaliação do modelo de previsão

O quadro teste (dados de 1999) foi utilizado para avaliar ambos os modelos. A Tabela 4 contém os resultados das estatísticas de precisão. Os erros do modelo aditivo foram maiores positivamente, como pode ser observado na Figura 5, tanto que resultaram em um modelo muito ruim para previsão (Estatística U de Theil maior que 1). O modelo multiplicativo também não demonstrou ser melhor que qualquer outro método mais simples (U de Theil superior a 1).

TABELA 4 - Medidas de precisão das previsões aplicadas fora do período de ajuste do modelo (dados de 1999).

Medidas padrões de precisão	Previsões pelo Método de Holt-Winter	
	Aditivo	Multiplicativo
Erro médio	4,20	1,76
Erro absoluto médio	4,32	3,07
Erro relativo absoluto médio	11,98	8,18
Erro quadrado médio	25,12	11,68
Estatística U de Theil	1,56	1,01

O comportamento dos dados no ano de 1999, utilizado para testar os modelos exponenciais, indica que ocorreram alguns outros fenômenos que não poderiam ser previstos pela utilização da série histórica. Pela Figura 2, observa-se que as quantidades entregues nos primeiros meses de 1999 não seguiram a mesma tendência dos anos anteriores, de serem superiores. A maior variabilidade encontrada neste ano (desvio padrão de 5,37 milhões de litros), também explicaria o não ajuste das previsões.

Outro aspecto interessante é a falta de estatísticas para o setor leiteiro. Em abril de 2001 dispõe-se apenas dos dados até 1999. Por conseguinte, previsões para o corrente ano extrapolariam a amplitude da sazonalidade.

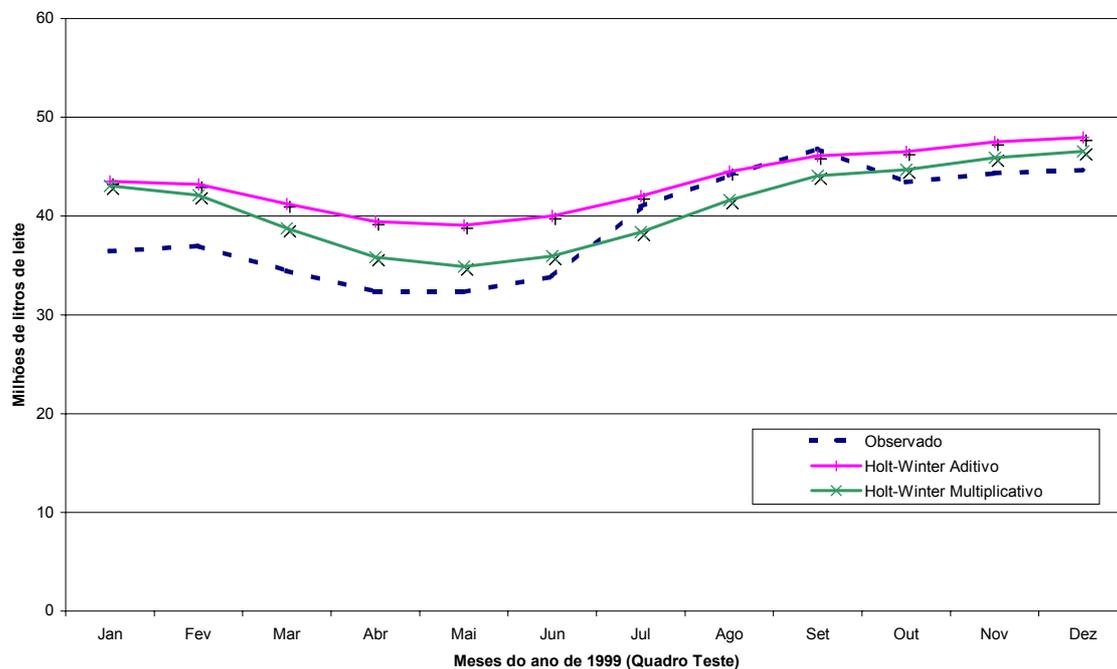


Figura 5 - Previsões pelos modelos aditivo e multiplicativo do Método de Holt-Winters.

4. Conclusão

As quantidades mensais de leite recebidas pelas indústrias catarinenses apresentaram, no período de 1989 a 1999, tendência de aumento anual e sazonalidade mensal.

A previsão das quantidades entregues de leite às indústrias catarinenses utilizando os métodos exponenciais aditivo e multiplicativo de Holt-Winters, utilizando como teste os dados do ano de 1999, não foi satisfatória. Existem padrões na série temporal que os modelos não conseguiram captar.

5. Referências bibliográficas

- INSTITUTO CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina - 1999-2000**. Florianópolis:ICEPA, 2000. p.84-91.
- MAKRIDAKIS, S. G.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting: methods and applications**. 3 ed. New York: John Willey & Sons, 1998. 642p.
- STATSOFT. **STATISTICA for Windows [Computer program manual]**. Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 1998.

6. Agradecimento

Este trabalho foi apoiado pelo Núcleo de Normalização e Qualimetria (NNQ) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - <http://www.qualimetria.ufsc.br>.