

Previsão da Produção de Moluscos do Estado de Santa Catarina

Jonathan Marcon (UDESC) jonathan.marcon@gmail.com

Laiz Patricia da Maia (UDESC) laizmaia5@gmail.com

Rene A. Santa Cruz (UDESC) adolfo.rodriguez@udesc.br

Resumo:

A aquicultura fornece alimentos, nutrição, renda e meios de subsistência para centenas de milhões de pessoas em todo o mundo. Segundo o IBGE (2015), a aquicultura brasileira apresenta contínuo crescimento atingindo um valor de produção de R\$ 4,39 bilhões. O Estado de Santa Catarina é líder nacional na Maricultura com a produção de Ostras, Mexilhões e Vieiras. Em 2015, por exemplo, 98,1% das 21,06 mil toneladas de moluscos produzidos no país foram de origem catarinense. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar a estimação da previsão da produção de Camarões, Mexilhões, Ostras e Vieiras do Estado de Santa Catarina para os próximos 5 anos utilizando métodos de séries temporais e dados levantados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2016).

Palavras chave: Previsão, Séries de Tempo, Maricultura.

Mollusk Production forecasting of the Santa Catarina State

Abstract

Aquaculture provides food, nutrition, income and livelihoods to hundreds of millions of people around the world. According to IBGE (2015), Brazilian aquaculture has continued growth reaching R\$ 4.39 billion of production. The Santa Catarina State is the national leader in Mariculture with the production of Oysters, Mussels and Scallops. In 2015 for example, 98.1% of the 21,06 thousand tons of mollusks produced in the country were of Santa Catarina State origin. Therefore, the present work has the objective of estimating the forecast of the production of shrimps, Mussels, Oysters and Scallops of Santa Catarina States for the next 5 years using Time Series Forecasting and data collected by the Company of Agricultural Research and Rural Extension of Santa Catarina (EPAGRI, 2016).

Key-words: Forecasting, Time Series, Mariculture.

1. Introdução

O mar é uma das mais importantes fontes de alimento no mundo, a pesca e a aquicultura fornecem alimentos, nutrição, renda e meios de subsistência para centenas de milhões de pessoas. A aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas (FAO, 2016). De acordo com o SEBRAE (2015), a produção global de peixes proveniente da aquicultura triplicou entre 1995 e 2007, atualmente é responsável pela metade dos peixes e moluscos consumidos pela população mundial.

Atendendo a classe de organismo aquático cultivado, um dos segmentos da aquicultura é a Maricultura, atividade dedicada ao cultivo de organismos aquáticos marinho-estuarinos. Segundo com o Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira 2015-2020, no Brasil a

maricultura, cultivo de organismos aquáticos em água salgada ou salobra, é representada principalmente pelo cultivo de moluscos bivalves (malacocultura), em especial as ostras (ostreicultura), vieiras (pectinicultura) e mexilhões (mitilicultura). É considerada uma atividade ecologicamente viável pela produção de organismos com alto valor proteico e baixo potencial poluidor.

Por outro lado, de acordo com os dados do IBGE (2015), a aquicultura brasileira apresenta contínuo crescimento atingindo um valor de produção de R\$ 4,39 bilhões, sendo 69,9% oriunda da criação de peixes e 20,6% pela criação de camarões. Os dados do IBGE apontam o Estado de Santa Catarina como líder nacional na maricultura com a produção de ostras, mexilhões e vieiras; em 2015 por exemplo, 98,1% das 21,06 mil toneladas de moluscos produzidos no país foram de origem catarinense.

A maricultura como atividade produtiva no Estado de Santa Catarina foi introduzida em 1989 a partir de pesquisas experimentais realizadas pela Associação de Crédito e Assistência Pesqueira de Santa Catarina (ACARPESC-EPAGRI), e pela Universidade Federal de Santa Catarina. De esta maneira, desde a década de 1990 o estado apresentou um crescimento e fortalecimento da maricultura de moluscos principalmente, mexilhões, ostras, vieiras e camarão, empregando centenas de famílias de produtores distribuídas ao longo da costa catarinense. Santa Catarina é o maior produtor nacional de moluscos. Com produtores espalhados ao longo de 12 municípios costeiros, a maricultura gera cerca de 1.500 empregos diretos no processo produtivo. Apesar de a maricultura catarinense ser relativamente recente, está se expandindo significativamente.

O presente trabalho tem com objetivo realizar a estimação da previsão da produção de Camarões, Mexilhões, Ostras e Vieiras do Estado de Santa Catarina para os próximos 5 anos utilizando métodos de séries de tempo. Para cumprir com esse objetivo, o restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta a revisão bibliográfica referida a maricultura no estado de Santa Catarina, e os principais métodos de previsão. Já a Seção 3 se refere à metodologia adotada no desenvolvimento do presente trabalho. A aplicação dos métodos e a estimação da previsão dos moluscos são apresentados na Seção 4. Por fim, os resultados e a discussão são expostos na Seção 5.

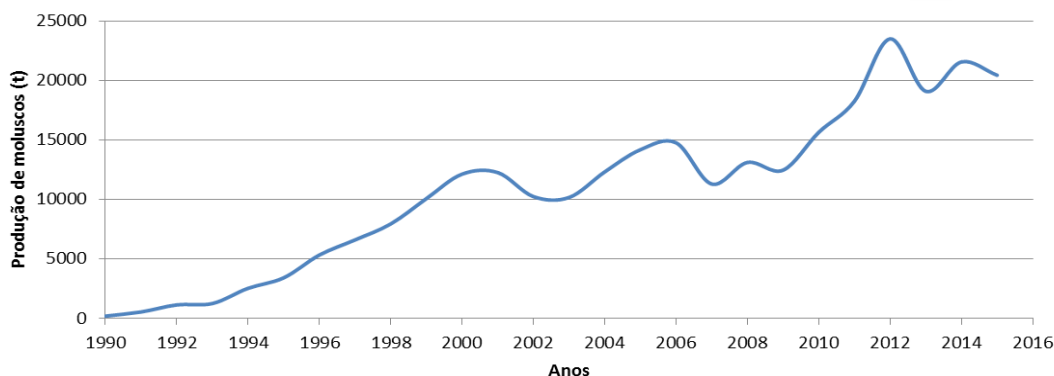
2. Fundamentação teórica

Nesta seção são descritos os principais aspectos teóricos que fundamentam o desenvolvimento da presente pesquisa, a saber, Maricultura e Métodos de Previsão através de séries de tempo.

2.1 Maricultura no Estado de Santa Catarina

De acordo com os dados publicados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2016), a produção de moluscos comercializados em 2015 por Santa Catarina (mexilhões, ostras e vieiras) foi de 20.438 toneladas (t). A Figura 1 mostra a evolução da produção de moluscos desde 1990 até 2015. Esses dados históricos mostram que nos últimos 25 anos a produção teve crescimento significativo, passou de 190 toneladas em 1990 a 20438 em 2015.

A síntese informativa do EPAGRI aponta também que é o resultado dos produtores que estão organizados em 21 associações municipais, uma estadual, uma cooperativa e duas federações distribuídas em 12 municípios do litoral catarinense, compreendidos entre Palhoça e São Francisco do Sul.



Fonte: EPAGRI (2016)

Figura 1 – Evolução da produção de moluscos em Santa Catarina

No entendimento de Zamboni e Nicolodi (apud NOVAES; BORNETTI; POLETTE, 2012) a maricultura catarinense é uma das atividades econômicas de destaque no estado, 95% dos moluscos (ostras, mexilhões e vieiras) produzidos no Brasil são cultivados em fazendas marinhas localizadas nas baías, enseadas e estuários do Estado de Santa Catarina. Isto mostra a importância da maricultura como atividade econômica no estado. O cultivo do mexilhão é do tipo “Perna perna”, um molusco bivalente da família *Mytilidae* que se encontra também nas regiões tropicais e subtropicais do Atlântico, Índico e Mediterrâneo.

2.2 Métodos de previsão

Os métodos de previsão são ferramentas fundamentais para projetar comportamentos futuros, tendo como propósito a redução do risco na tomada de decisão. São classificados, basicamente, em duas categorias: qualitativos e quantitativos (LUSTUOSA, 2008). Os métodos qualitativos baseiam-se em opiniões subjetivas, especulações e intuição de especialistas. Os métodos quantitativos servem-se da manipulação matemática de dados históricos (quantificados) para projetar no futuro padrões de comportamento identificados por esses dados históricos. Estes métodos partem do pressuposto que o padrão da série histórica terá continuidade no futuro e são subdivididos em dois tipos, conforme envolvam séries causais ou séries temporais. Os métodos causais envolvem a determinação de fatores que se relacionam com a variável a ser prevista enquanto que os métodos de previsão de séries temporais envolvem a projeção de valores futuros de uma variável, com base, inteiramente, em observações do presente e do passado dessa variável (TUBINO, 2000).

Toda previsão apresenta erros, mas a magnitude é função do método ou modelo de previsão utilizado. Um dos maiores problemas associados à utilização das previsões de demanda no apoio à tomada de decisões é a escolha adequada do método de previsão a ser aplicado. Diante disso, uma maior disponibilização de recursos no método de previsão escolhido, permite melhorar a precisão da previsão e, assim, eliminar alguns dos prejuízos resultantes da incerteza existente no processo de tomada de decisão.

Segundo Davis *et al.* (2001) as séries temporais são utilizadas em situações de curto prazo, e baseiam-se na ideia de que dados relacionados com a demanda do passado podem ser usados para prever a demanda futura, ou seja, a tendência que gerou a demanda do passado continuará gerando a demanda do futuro. Uma das técnicas básicas de previsão de séries temporais é a média móvel. A previsão através das médias móveis é usada quando não há tendência ou sazonalidade na série temporal. A estimação da previsão para o período $(t+1)$ é a média aritmética de n períodos mais recentes calculada com a seguinte expressão:

$$F_{t+1} = \hat{y}_{t+1} = \frac{(y_t + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + y_{t-k+1})}{K} \quad (1)$$

De acordo com Samohyl, Perez e Miranda (2008), o método de suavização exponencial simples é adequado para séries que não possuem tendência e nem sazonalidade. A equação 2 representa a previsão para o período (t+1), onde α é o fator de suavização no intervalo [0,1].

$$F_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (2)$$

Já o método de Holt leva em consideração dois componentes, o nível e a tendência. A equação 3 mostra os fatores de suavização (α, β) no intervalo [0,1].

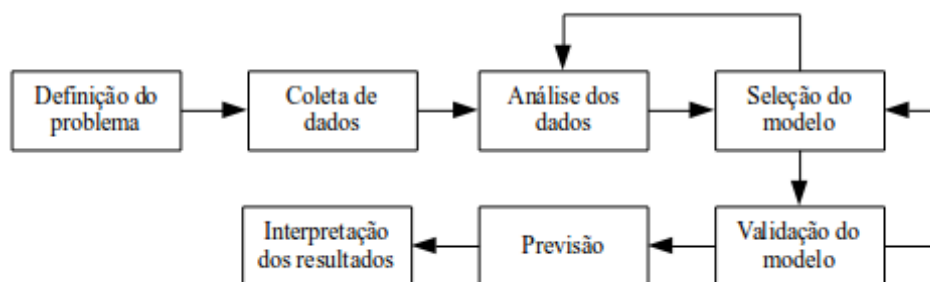
$$\begin{aligned} L &= \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \\ b_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \\ F &= L_t + mb_t \end{aligned} \quad (3)$$

Por outro lado, os modelos de Box-Jenkins ou modelos ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) levam em consideração três parâmetros da série temporal (p,i,q). O primeiro “p” é o parâmetro autoregressivo e descreve o número de correlações entre os dados da série. O segundo “i”, é o componente de diferenciação necessária para tornar a série estacionária. Já o terceiro parâmetro “q”, representa a média móvel dos resíduos da série temporal. De esta maneira os modelos ARIMA(p,i,q) representam, na realidade, um conjunto de vários modelos de previsão de uma série temporal que pode ser “estacionalizada” com transformações sucessivas realizadas através da diferenciação (ABADAN; SHABRI, 2014).

3. Aspectos metodológicos

No entendimento de Gil (2010), quanto aos objetivos, uma pesquisa exploratória tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito, isto é, proporcionar informação e orientar o método em função de possíveis hipóteses. Já a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição das características do problema estabelecendo relações entre suas variáveis.

Sendo assim, o presente trabalho pode ser caracterizado como pesquisa exploratória e descritiva. Exploratória, porque visa proporcionar informação sobre a evolução da produção de moluscos no Estado de Santa Catarina. É descritiva, visto que se descreve, registra e analisa as características da evolução da produção de moluscos durante os últimos 15 anos. Já do ponto de vista da abordagem do problema, a pesquisa pode ser categorizada como sendo quantitativa, pois requer o uso de recursos matemáticos e técnicas estatísticas para analisar o problema. Quanto aos passos metodológicos, o desenvolvimento do trabalho obedeceu ao processo de previsão proposto por Montgomery, Jennings e Kulahci (2008) mostrada na Figura 1.



Fonte: adaptado de Montgomery(2008)
Figura 1 – Processo de previsão

De esta maneira, a partir dos dados levantados pela Epagri (2016), referidos à produção de moluscos no Estado de Santa Catarina, foi realizada uma análise exploratória dos dados da série de tempo com o intuito de conhecer o comportamento da produção de Camarões, Mexilhões e Vieiras durante os últimos 15 anos.

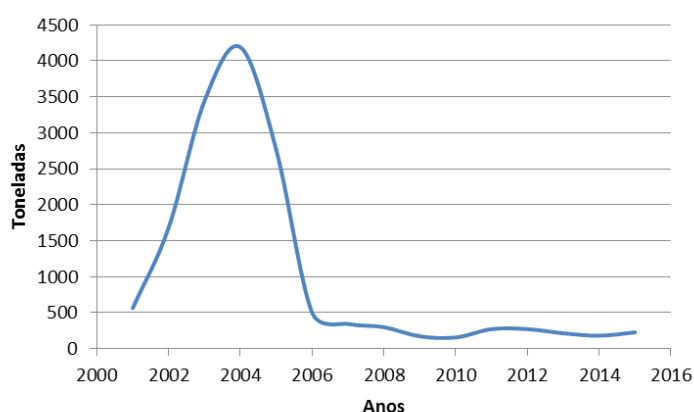
Quanto aos procedimentos técnicos, a análise da previsão da demanda foi realizada utilizando-se modelos de previsão de séries temporais, a saber, médias móveis, suavização exponencial simples e dupla, método de Holt e modelos ARIMA. As validações e controles da previsão foram realizados com os estatísticos de ajuste mais recorrentes na literatura, a saber, Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE), Erro Absoluto Médio (MAE), e Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE). Os cálculos foram desenvolvidos com os softwares Minitab, RStudio, bibliotecas “forecast” e “nortest”.

4. Previsão da produção de moluscos

Nesta seção são apresentados os resultados da previsão da produção de camarões, mexilhões, ostras e vieiras para os próximos 5 anos a partir dos dados extraídos da Síntese Informativa da Maricultura 2015, publicados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI 2016).

4.1 Previsão de Camarões

A produção de camarões no Estado de Santa Catarina se manteve com pouca variabilidade durante a última década. São Francisco do Sul é o município responsável por mais de 80% da produção total de camarão. A Figura 2 mostra a evolução da produção de camarão nos últimos 15 anos.



Fonte: EPAGRI (2016)

Figura 2 – Produção catarinense de Camarão

Os dados históricos mostram um crescimento significativo da produção de camarões nos primeiros anos, de 564 (t) em 2001 até 4189 (t) em 2004. Entretanto, a partir de 2004 até 2006 a produção apresenta uma considerável diminuição atingindo uma produção de 500 (t) em 2006. A partir de esse ano, os registros mostram níveis relativamente estáveis de produção de camarões. Em virtude de essa característica, a previsão da produção de camarões foi feita em duas etapas. Na primeira fase foram levados em consideração todos os dados da série temporal desde 2001, isto é, 15 anos. Com base nesses dados foram estimadas as previsões através dos métodos de média móvel, suavização exponencial simples, método de Holt e métodos ARIMA. A Tabela 1 mostra os resultados dos erros RMSE, MAD e MAPE.

Foram verificados os erros das médias móveis levando-se em consideração 2, 3, e 4 períodos. A média móvel base 4 foi a que apresentou menor divergência entre a produção real e a

prevista. O parâmetro de suavização do método exponencial simples com menor erro foi $\alpha = 0,9999$. Já o método de Suavização com tendência, método de Holt, apresentou os menores erros para os parâmetros de atenuação $\alpha = 1$ e $\beta = 1$. Mediante a função “auto.arima” da biblioteca “forecast” do R, o método ARIMA(0,1,1) apresentou o melhor resultado. Neste caso, no modelo ARIMA(p,d,q) o parâmetro “d”, número de diferenciações necessárias para tornar a série estacionária, foi 1, enquanto que para as médias móveis foram consideradas duas defasagens e não apresentou nenhum parâmetro auto regressivo.

Modelo	RMSE	MAD	MAPE
Média móvel (4)	1187,71	723	218
Suavização exponencial simples (0,9999)	930,67	565,22	63,79
Método de Holt (1; 1)	935,77	576,48	94,18
Arima(0,1,1)	673,52	489,25	96,32

Fonte: os autores 2017

Tabela 1 – Erro da previsão baseada na série temporal com 15 anos

Na segunda fase, foi levado em consideração o comportamento diferenciado da produção de camarão nos primeiros 5 anos da série de tempo. Assim sendo, foram refeitos os cálculos da previsão utilizando os dados dos últimos 10 anos de produção. A Tabela 2 mostra os resultados dos erros RMSE, MAD e MAPE.

Modelo	RMSE	MAD	MAPE
Média móvel (4)	76,72	51,43	28,42
Suavização exponencial simples (0,9999)	83,61	66,53	28,17
Método de Holt (1; 0,4752)	91,04	77,29	33,99
Arima(0,1,0)	79,32	59,92	25,36

Fonte: os autores 2017

Tabela 2 – Erro da previsão baseada na série temporal com 10 anos

Os resultados dos erros apontam o menor RMSE para a previsão baseada na suavização exponencial simples com fator de atenuação unitário $\alpha = 1$ na primeira fase, e o método da média móvel base 4 na segunda fase. Entre tanto, a análise residual mostrou que esses dois modelos não são os mais adequados visto que com os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling* foi rejeitada a hipótese de normalidade dos resíduos. De esta maneira, mesmo que o método ARIMA(0,1,1) apresenta RMSE um pouco maior que o modelo anterior, a estimação da previsão da produção de camarões é estimada com este modelo. A vista disso, a previsão da produção de camarões é mostrada na Tabela 3.

Ano	Produção estimada (t)	Intervalo 80%		Intervalo 95%	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
2016	309,11	0	1274,12	0	1784,98
2017	300,96	0	2226,04	0	3245,12
2018	292,82	0	2838,52	0	4186,13
2019	284,67	0	3326,92	0	4937,38
2020	276,53	0	3744,94	0	5581,01

Fonte: os autores 2017

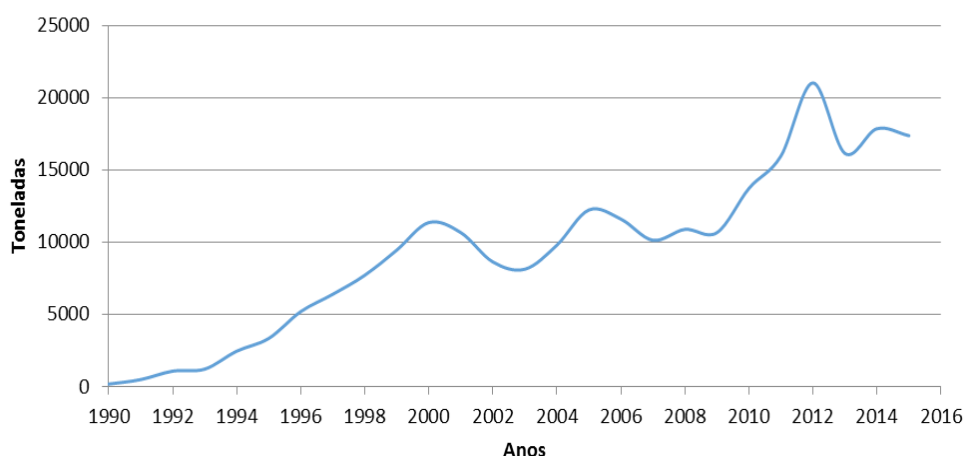
Tabela 3 – Previsão da produção de Camarões mediante o modelo ARIMA(0,1,1)

Observa-se que a previsão da produção apresenta uma diminuição para os próximos anos. Não obstante o erro RMSE foi levado em consideração na seleção do método de previsão ARIMA(0,1,1), é desejável que os resíduos gerados no modelo sejam ruído branco. Na análise

residual foi verificada a normalidade dos resíduos aplicando os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling*. No primeiro teste obteve-se o parâmetro $W = 0,94361$ e $p\text{-value} = 0,4299$. Já no segundo teste, o parâmetro obtido foi $A = 0,40649$ e $p\text{-value} = 0,3066$. De esta maneira os testes de normalidade dos resíduos mostram valores relativamente elevados de $p\text{-value}$, consequentemente não há evidência para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos para o modelo de previsão ARIMA(0,1,1).

4.2 Previsão de Mexilhões

A produção de Mexilhões no Estado de Santa Catarina teve um crescimento significativo ao longo dos últimos 15 anos, passando de 190 toneladas em 1990 a 17370 toneladas em 2015. A Figura 3 mostra a evolução da produção de mexilhões catarinenses.



Fonte: EPAGRI (2016)

Figura 3 – Produção catarinense de Mexilhões

Os dados da série temporal apontam a presença de uma tendência positiva, e diminuição da produção em alguns períodos, como por exemplo, entre o ano 200 e 2003, 2012 e 2014. Neste caso, a análise de previsão foi feita com os métodos de média móvel, suavização exponencial simples, método de Holt e método ARIMA. A Tabela 4 mostra os resultados dos erros RMSE, MAD e MAPE.

Modelo	RMSE	MAD	MAPE
Média móvel (2)	2265,85	1801,00	23,00
Suavização exponencial simples (0,9896)	1997,45	1561,27	20,69
Método de Holt (0,8877; 0,0076899)	1941,69	1516,08	16,46
Arima(0,1,0)	1839,24	1342,11	16,88

Fonte: os autores 2017

Tabela 4 – Erros da previsão de mexilhões

Foram verificados os erros RMSE para médias móveis baseados nos períodos 2, 3 e 4. A média móvel base 2 apresentou menor divergência. O método de suavização exponencial simples com parâmetro $\alpha = 0,9896$ apresentou o melhor RMSE. Já os parâmetros do método de Holt com menor valor de RMSE foram $\alpha = 0,8877$ e $\beta = 0,0076899$. Visto que dos 4 métodos testados o método ARIMA(0,1,0) apresentou a menor RMSE, a estimação da previsão da produção de mexilhões é estimada através de este modelo. Os parâmetros do ARIMA($p=0, d=1, q=0$) mostram que o modelo de previsão é equivalente ao modelo “*random walk*” ou passeio aleatório. De esta maneira, os resultados da previsão da produção de mexilhões para os próximos 5 anos são mostrados na Tabela 5, incluindo-se os intervalos de

80% e 95%.

Ano	Produção estimada (t)	Intervalo 80%		Intervalo 95%	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
2016	18057,2	15603,88	20510,52	14305,17	21809,23
2017	18744,4	15274,88	22213,92	13438,22	24050,58
2018	19431,6	15182,32	23680,88	12932,89	25930,31
2019	20118,8	15212,16	25025,44	12614,73	27622,87
2020	20806,0	15320,20	26291,80	12416,20	29195,80

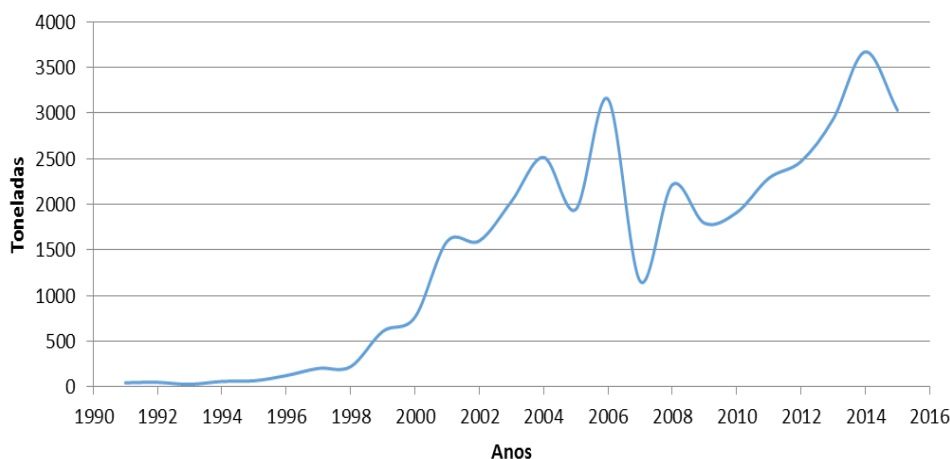
Fonte: os autores 2017

Tabela 5 – Previsão da produção de Mexilhões através de ARIMA(0,1,0)

Os resultados descritos da Tabela 5 apontam um crescimento na produção de mexilhões para os próximos 5 anos, passando de 18057,2 toneladas em 2016 a 20806,0 toneladas previstas para 2020. O erro RMSE foi a base para a seleção do método de previsão, neste caso o ARIMA(0,1,0). Por outro lado, é desejável que os resíduos gerados com este modelo sejam ruído branco. Assim sendo, na análise residual foi verificada a normalidade dos resíduos aplicando os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling*. Nos testes foram obtidos os parâmetros $W = 0,9467$ e $p\text{-value} = 0,1944$, e $A = 0,4793$ e $p\text{-value} = 0,2151$ para os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling* respectivamente. De esta maneira os testes de normalidade dos resíduos mostram valores de $p\text{-value}$ que reforçam a ideia de que não há evidência para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos para o modelo de previsão ARIMA(0,1,0).

4.3 Previsão de Ostras

A produção de Ostras no Estado de Santa Catarina teve um crescimento significativo entre os anos de 1998 e 2006, de 219 (t) em oito anos passou-se a produzir 3152 (t). No entanto, apresenta também uma diminuição significativa do volume de produção entre 2006 e 2007, redução de quase 2/3 da produção nesse ano. Por outro lado, a partir de 2007 a série temporal mostra um crescimento acentuado da produção de Ostras, atingindo o pico em 2014 com 3670 (t). A Figura 4 mostra a evolução da produção de ostras catarinenses no período 1991 - 2015.



Fonte: EPAGRI (2016)

Figura 4 – Produção catarinense de Ostras

Com base nessa série temporal, foi realizada a análise de previsão através dos métodos de média móvel, suavização exponencial simples, método de Holt e método ARIMA. A Tabela 6 mostra os resultados dos erros RMSE, MAD e MAPE.

Modelo	RMSE	MAD	MAPE
Média móvel (2)	533,69	392	34
Suavização exponencial simples (0,6416)	569,64	409,38	34,84
Método de Holt (0.5637996; 0.06943823)	564,4	405,79	35,18
Arima(1,1,0)	459,39	349,25	101,84

Fonte: os autores 2017

Tabela 6 – Erros da previsão de Ostras

De forma similar às análises anteriores, foram verificados os erros RMSE para médias móveis com 2, 3 e 4 períodos. No presente caso, a média móvel base 2 apresentou a menor divergência da previsão. Já o método de exponencial simples com fator de atenuação $\alpha = 0,6416$ apresentou o menor valor de RMSE. No que diz respeito ao método de Holt os fatores de atenuação foram $\alpha = 0,5638996$ e $\beta = 0,06943823$. O método ARIMA com melhor resultado dos erros foi o ARIMA(1,1,0). Os parâmetros apontam que na previsão foi considerado uma defasagem autoregressiva, uma diferenciação e nenhum parâmetro para as médias móveis. Os resultados da previsão da produção de Ostras para os próximos 5 anos são mostrados na Tabela 7.

TABELA ESPAÇAMENTO – ESTA LINHA EM BRANCO					
Ano	Produção estimada (t)	Intervalo 80%		Intervalo 95%	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
2016	3680,35	3052,76	4307,94	2720,53	4640,17
2017	3485,16	2821,33	4148,92	2469,91	4500,40
2018	3844,04	3021,42	4666,65	2585,95	5102,12
2019	3839,84	2961,02	4718,66	2495,80	5183,88
2020	4073,56	3097,39	5049,74	2580,63	5566,48

Fonte: os autores 2017

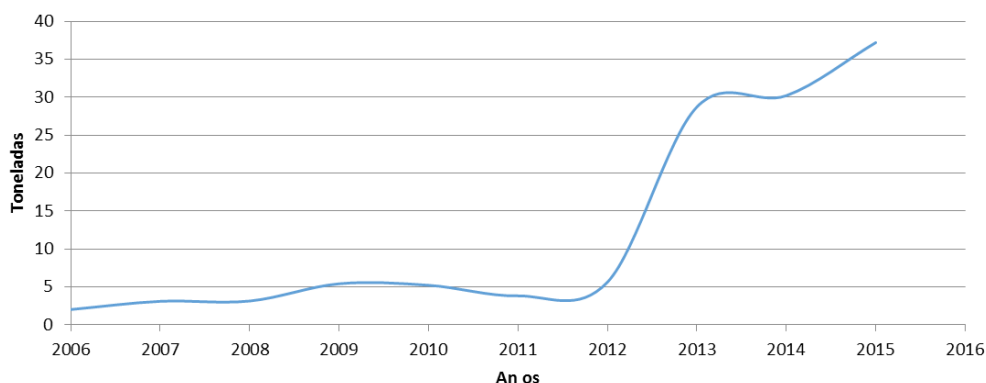
Tabela 7 – Previsão da produção de ostras com ARIMA(1,1,0)

Os resultados da previsão apontam um crescimento na produção de Ostras para os próximos 5 anos, passando de 3680,35 toneladas em 2016 a 4073,56 toneladas para 2020. O erro RMSE foi a base para a seleção do método de previsão, neste caso o ARIMA(1,1,0). Por outro lado, na análise residual foi verificada a normalidade dos resíduos aplicando os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling*. Nos testes foram obtidos os parâmetros $W = 0,93726$, $p\text{-value} = 0,1279$, e $A = 0,39142$ e $p\text{-value} = 0,3537$ para os testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling* respectivamente. De esta maneira os testes de normalidade dos resíduos mostram valores de $p\text{-value}$ que reforçam a ideia de que não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos para o modelo de previsão ARIMA(1,1,0).

4.4 Previsão de Vieiras

A análise da série temporal da produção de Vieiras em Santa Catarina nos últimos 10 anos mostra duas características. Por um lado, observa-se um volume de produção relativamente estável desde 2006 até 2012. Por outro, um acréscimo significativo da produção de 5,6 toneladas em 2012 a 28,7 toneladas em 2013, e a partir de 2013 se observa uma tendência positiva de crescimento. A Figura 5 mostra a evolução da produção de Vieiras no Estado de Santa Catarina.

Com base nos dados históricos dos últimos 10 anos foi realizada a análise de previsão através dos métodos: média móvel, suavização exponencial simples, método de Holt e método ARIMA. A Tabela 8 mostra os resultados dos erros RMSE, MAD e MAPE.



Fonte: EPAGRI (2016)

Figura 5 – Produção catarinense de Vieiras

Modelo	RMSE	MAD	MAPE
Média móvel (2)	10,10	6,40	35,76
Suavização exponencial simples (0,9999)	8,14	4,27	28,41
Método de Holt (0,944;0,1328)	8,09	4,21	31,58
Arima(0,1,0)	7,72	3,84	25,58

Fonte: os autores 2017

Tabela 8 – Erros da previsão de Vieiras

Através dos modelos listados na Tabela 8 foram calculados os erros RMSE para médias móveis com 2, 3 e 4 períodos. No presente caso, a média móvel base 2 apresentou a menor divergência da previsão. Já o método de exponencial simples com fator de atenuação $\alpha = 0,999$ apresentou o menor valor de RMSE. No que diz respeito ao método de Holt os fatores de atenuação foram $\alpha = 0,9441364$ e $\beta = 0,1328122$. O método ARIMA com melhor resultado dos erros foi o ARIMA(0,1,0) “drift”. Nesse caso, os parâmetros mostram também que o método equivalente é “random walk” com uma constante (com deriva). Os resultados da previsão da produção de Vieiras para os próximos 5 anos são mostrados na Tabela 9.

Ano	Produção estimada (t)	Intervalo 80%		Intervalo 95%	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
2016	41,11	31,41	50,82	26,27	55,95
2017	45,02	31,30	58,75	24,03	66,02
2018	48,93	32,13	65,74	23,22	74,64
2019	52,84	33,43	72,25	23,16	82,53
2020	56,76	35,05	78,46	23,57	89,94

Fonte: os autores 2017

Tabela 9 – Previsão da produção de vieiras com ARIMA(0,1,0)

Os resultados da previsão apontam um crescimento na produção de Vieiras para os próximos 5 anos, passando de 41,11 toneladas em 2016 a 56,76 toneladas para 2020. O erro RMSE foi a base para a seleção do método de previsão, neste caso o ARIMA(0,1,0). Em contrapartida, os resultados dos testes de normalidade mostram que a hipótese nula pode ser rejeitada porque há evidências de que os resíduos não apresentam normalidade. Nos testes de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling* foram obtidos os parâmetros $W = 0,6609$, $p\text{-value} = 0,000297$, e $A = 1,4099$ e $p\text{-value} = 0,000556$ respectivamente.

5. Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo realizar a previsão da produção de Camarões, Mexilhões, Ostras e Vieiras para os próximos 5 anos no Estado de Santa Catarina. A partir de dados publicados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2016) foram utilizados modelos de previsão de seres temporais, a saber, média móvel, suavização exponencial simples, modelo de Holt e modelos ARIMA. A seleção do modelo para realizar a previsão foi baseada no menor erro RMSE, e percebeu-se que o método ARIMA se ajustou melhor às séries temporais de Camarões, Ostras, Mexilhões e Vieiras. Em todos os casos foi realizada a análise de resíduos e foi testada a normalidade residual mediante os teste de *Shapiro-Wilk* e *Anderson-Darling*.

Os resultados da previsão apontaram o crescimento da produção de Camarões, Mexilhões, Ostras e Vieiras no estado de Santa Catarina nos próximos 5 anos. Entretanto, é importante ressaltar que a análise de previsão teve como escopo somente os métodos de séries temporais e não foram levados em consideração quaisquer outros fatores.

Referências

- ABADAN, S.; SHABRI, A. *Hybrid Empirical Mode Decomposition-ARIMA for Forecasting Price of Rice*. Applied Mathematical Sciences, 8, 63, p.ag 3133-3143, 2014.
- BRASIL, Ministério de pesca e Aquicultura. *Plano de desenvolvimento da Aquicultura Brasileira 2015/2020*, Brasília, 2015.
- DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. B. *Fundamentos da Administração de Produção*. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2001.
- EPAGRI. *Síntese Informativa da Maricultura 2015*. Florianópolis, 2016. Disponível em <<http://www.epagri.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/08/Sintese-informativa-da-maricultura-2015.pdf>>
- FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>
- GIL, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2010.
- IBGE. *Produção da Pequaria Municipal*. Brasília, 2015. Disponível em <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>
- LUSTOSA, L. *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MONTGOMERY, D.C.; JENNINGS, C.; KULAHCI, M. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- NOVAUES V. L. F.; BONETTI, J.; POLLETE, M. *Gestão costeira integrada: análise da compatibilidade entre os instrumentos de uma política pública para o desenvolvimento da maricultura e um plano de gerenciamento costeiro no Brasil*. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 12(3), pag. 357-372, 2012.
- SAMOHYL, W.R.; PERES, S. G.; MIRANDA, R.G. *Métodos simplificados de previsão empresarial*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.
- SEBRAE. *Aquicultura no Brasil*. Brasília, 2015. Disponível em <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>
- TUBINO, D. *Manual de Planejamento e Controle da Produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- ZAMBONI, A.; NICLODI, J.L. (org.). *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Brasília, Brasil. 2008. ISBN 978-8577381128. Disponível em http://www.laget.igeo.ufrrj.br/index.php?ption=com_content&task=view&id=62&Itemid=2