

PREVISÃO DA DEMANDA E DO PREÇO DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRA SERRADA DE CONÍFERAS PARA OS ESTADOS UNIDOS

Export price and demand forecast of brazilian coniferous sawn wood to the United States

Heloisa Pscheidt

Engenheira Florestal. Graduada de Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). heloisaa_p@yahoo.com.br

Alexandre Behling

Engenheiro Florestal. Doutor em Engenharia Florestal. Professor Adjunto no Departamento de Ciências Florestais (UFPR). alexandre.behling@yahoo.com.br

Marieli Sabrina Ruza

Engenheira Florestal (PPGEF/UFPR). marielisabrinaruza@yahoo.com.br

Julio Eduardo Arce

Engenheiro Florestal. Doutor em Engenharia Florestal. Professor Titular no Departamento de Ciências Florestais (UFPR). jarce@ufpr.br

Alessandro Vinicius Schneider

Administrador. Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Centro Universitário da Grande Dourados (Unigran) e da Universidade Estadual do Paraná (Unespar). schneideravs@ig.com.br

Resumo: Desde 2012, as exportações brasileiras de madeira serrada vêm crescendo em média 18% ao ano, sendo uma atividade econômica de grande relevância. O objetivo deste trabalho foi elaborar modelos para prever o preço e a demanda de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos, valendo-se da metodologia de Box & Jenkins. Para o ajuste dos modelos foram coletados valores mensais das variáveis volume e valor das exportações, com posterior cálculo do preço/m³, do período de janeiro de 1997 a agosto de 2016 e do período de setembro de 2016 a agosto de 2017 para a validação das projeções. A escolha do modelo mais adequado baseou-se nos critérios de informação de akaike (AIC) e erro percentual absoluto médio (MAPE), na soma do quadrado dos resíduos (SQR), no erro padrão da estimativa relativo (Sxy(%)) e no comportamento gráfico dos resíduos. Os resultados obtidos indicaram que o modelo mais apropriado para realizar as previsões da demanda de exportação foi o ARIMA (5, 1, 3) e para efetuar as previsões do preço/m³ de exportação foi o ARIMA (4, 1, 2). As previsões para os próximos dois anos indicam que a demanda de exportação permanecerá constante e que o preço/m³ será de, em média, US\$ 219,63.

Palavras-chave: Metodologia Box & Jenkins; exportação; modelagem.

Abstract: Since 2012, Brazilian exports of sawn wood has grown on average 18% per year, demonstrating to be an economic activity of great relevance. The objective of this paper is to elaborate models to predict price and demand of Brazilian exports of coniferous sawn wood to the United States, using Box & Jenkins methodology. To adjust the model, monthly values of the variables volume and value of the exports were collected, with posterior calculation of price/m³ for the period of January 1997 to August 2016 and of the period of September 2016 to August 2017 for validating the projections of the model. The choice of the most appropriate model was based on the criteria of Akaike (AIC) and Mean absolute percentage error (MAPE), Sum of Squared Residuals (SQR), Relative Standard Error and graphical residual analysis. The results show that the most appropriate model to forecast the demand was ARIMA (5, 1, 3), and to predict price/m³ was ARIMA (4, 1, 2). The forecasts for the next two years indicate that the exportation demand will remain constant and the price/m³ will be, on average, US\$ 219,63.

Keywords: Box & Jenkins Methodology; exportation; modeling.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se entre os países exportadores de madeira serrada, apresentando um crescimento médio de 18% ao ano, desde 2012. O país movimentou em 2016 um montante superior a US\$ 537.187.000, correspondente à comercialização de 2.097.108 m³ de madeira, sendo que o gênero *Pinus* contribuiu com 67,23% do valor (*International Trade Center - ITC*, 2017). Os Estados Unidos é o segundo maior importador de madeira serrada a nível mundial (*UNCOMTRADE*, 2017). O Brasil ocupa a terceira posição no ranking de maiores fornecedores de serrados para o país, contribuindo com 2,4% do total das importações, atrás do Canadá (84%) e Chile (2,8%) (*UNCOMTRADE*, 2017).

Para permanecer no mercado internacional de forma competitiva, é necessário que *stakeholders* envolvidos nesse tipo de operação, como fornecedores e empresas exportadoras, possam dimensionar sua produção, venda e volume de estoque. O uso de modelos de previsão de séries temporais pode ser uma ferramenta de apoio, com base em técnicas estatísticas. De acordo com Miranda et al. (2011), as previsões de demanda podem ser um ponto de partida para o planejamento do fluxo de caixa, da produção, venda, manutenção de estoques, compras, entre outras atividades. De maneira análoga, previsões de preços podem ser úteis para o planejamento da produção, para a manutenção e formação de estoques, de forma a aproveitar mais eficientemente as fases de alta e baixa nos preços, visando à maximização dos lucros (GUTIERREZ; ALMEIDA, 2013). Dada a importância das exportações de produtos florestais no País, alinhado às incertezas sobre o comportamento da oferta, demanda e preço de produtos madeireiros, estudos econométricos para o referido mercado devem ser realizados (ALMEIDA et al., 2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi ajustar um modelo de previsão, utilizando a metodologia Box & Jenkins, para propor estimativas da demanda e do preço por metro cúbico (m³) das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Fonte de dados

Para aplicação da metodologia Box e Jenkins, foram obtidos dados de valores (US\$) e volume (m³) de

madeira serrada de coníferas comercializadas entre o Brasil e os Estados Unidos, do período de janeiro de 1997 a agosto de 2017. Esses dados estão disponíveis no Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior – Aliceweb (ALICEWEB, 2017).

Para o ajuste do modelo, foram utilizados dados do período que compreende janeiro de 1997 a agosto de 2016. Para validação das projeções, foram utilizados dados das mesmas variáveis para o período de setembro de 2016 a agosto de 2017.

Os dados foram coletados utilizando o código de identificação do Sistema Harmonizado de Designação e de Codificação de Mercadorias (SH), que identifica a madeira serrada de coníferas pelo código 440710.

Os dados de preço médio unitário foram calculados dividindo-se o valor de exportação pela quantidade exportada para cada ano, conforme indicado pela Equação 1 e utilizado por Cardoso et al., (2013a).

$$\text{Preço médio (US\$/m}^3\text{)} = \frac{\text{Valor (US\$)}}{\text{Volume (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

Para deflacionar a série de dados visando à correção da inflação no período analisado, utilizou-se a metodologia proposta por Thompson (2009), conforme Equação 2.

$$\text{Preço real}_{(t)} = \frac{\text{CPI}_{(t)}}{\text{CPI}_{(\text{ago}/2016)}} \times \text{preço nominal}_{(t)} \quad (2)$$

Onde:

t: período de referência

CPI: Consumer Price Index

O índice de preços utilizado para correção da inflação foi o *Consumer Price Index* (CPI), índice americano de preços mais conhecido no país, disponibilizado pelo *U.S. Department of Labor Bureau of Labor Statistic*.

A base de dados utilizada contém algumas falhas de reportagem para alguns meses, apresentando valores muito discrepantes em termos volumétricos e, conseqüentemente em valor/m³, dos demais apresentados. Portanto, valores que prejudicavam a análise foram retirados da série e substituídos por valores extrapolados de acordo com o peso da mercadoria, disponibilizado também pelo Aliceweb.

2.2 Modelagem

A aplicação da metodologia exige que a série seja estacionária (GUJARATI, 2006). Portanto, primeiramente realizou-se a verificação da estacio-

nariedade e transformação dos dados. A construção do modelo foi realizada em quatro etapas, conforme sugere Box e Jenking (1970): identificação, estimação, verificação de diagnóstico e previsão.

A modelagem da demanda e do preço por metro cúbico (m^3) das exportações brasileiras de madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos foi realizada por meio do software estatístico XLStat (XLStat, 2014).

2.3 Verificação de estacionariedade

Para verificação de estacionariedade, realizou-se o teste de raiz unitária Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que permite verificar se a hipótese nula (H_0), de que a série testada possui raiz unitária, é rejeitada ao nível de significância de 5%.

Quando a série das variáveis analisadas não for estacionária em nível (na unidade original), é necessário fazer transformações nos dados até que condição de estacionariedade se torne válida (CORDEIRO et al., 2010).

Para a transformação dos dados em estacionários tomou-se as primeiras diferenças da série. De acordo com Gujarati (2006), esse é um dos métodos mais comuns para transformação de séries temporais não estacionárias. Após a transformação dos dados, aplicou-se a metodologia proposta por Box & Jenkins.

2.4 Identificação do modelo

A identificação da ordem do modelo ARIMA (p,d,q) foi feita por meio das FAC (função de autocorrelação) e das funções de autocorrelações parciais (FACP), função que consiste na sequência de correlações entre Y_t e Y_{t-1} , Y_t e Y_{t-2} , Y_t e Y_{t-3} , e, assim por diante, mantendo os valores defasados intermediários constantes (RATNIEKS, 2010).

O número de diferenciações necessárias para transformar uma série não estacionária em estacionária corresponde à ordem do componente d , também denominado de ordem de integração (I).

A determinação de p e q foi realizada com base na análise de FACP e da FAC. Além da análise da FAC e FACP, foram ajustados modelos com diferentes ordens de p e q , escolhidos por meio de tentativa, de forma a comparar o desempenho das diferentes equações. Desta forma, seis modelos foram ajustados no total: cinco por meio de tentativa e um através da análise da FAC e FACP.

Depois de estimados os coeficientes, os modelos foram comparados e então foi definida a ordem dos componentes.

2.5 Estimação

O modelo de previsão da demanda foi estimado pelo método dos mínimos quadrados. Após estimados os coeficientes, foi realizada uma análise da performance dos diferentes modelos ajustados, com o auxílio de critérios de seleção.

Para este trabalho, foram avaliados a soma do quadrado dos resíduos (SQR), o erro absoluto médio percentual (MAPE), o erro padrão de estimativa (Syx%), o critério de informação de Akaike (AIC), e a análise gráfica de resíduos.

2.6 Verificação de diagnóstico e previsões

Para a verificação de diagnóstico do modelo, foram realizadas previsões para 12 meses, correspondente ao período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Com os dados estimados e observados, realizou-se também a análise gráfica de resíduos.

As previsões foram realizadas para um período de 24 meses, período que compreende setembro de 2017 a agosto de 2019. Antes da realização das previsões, foi elaborado um comparativo entre as séries históricas originais e as ajustadas, visando avaliar a acuracidade do modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Verificação da estacionariedade e transformação dos dados

O teste ADF evidenciou que a hipótese nula indicando a presença de raiz unitária não foi rejeitada ao nível de significância de 5%, resultando em um p -valor de 0,528 para variável volume e para variável preço p -valor de 0,096. Assim, por meio desse teste foi identificada a necessidade da transformação dos dados.

Na transformação dos dados o teste ADF confirmou que com a primeira diferença a série tornou-se estacionária. A hipótese nula de raiz unitária foi rejeitada a um nível de significância igual a 5%, com p -valor de 0.03025 e 0,0001, para volume e preço, respectivamente.

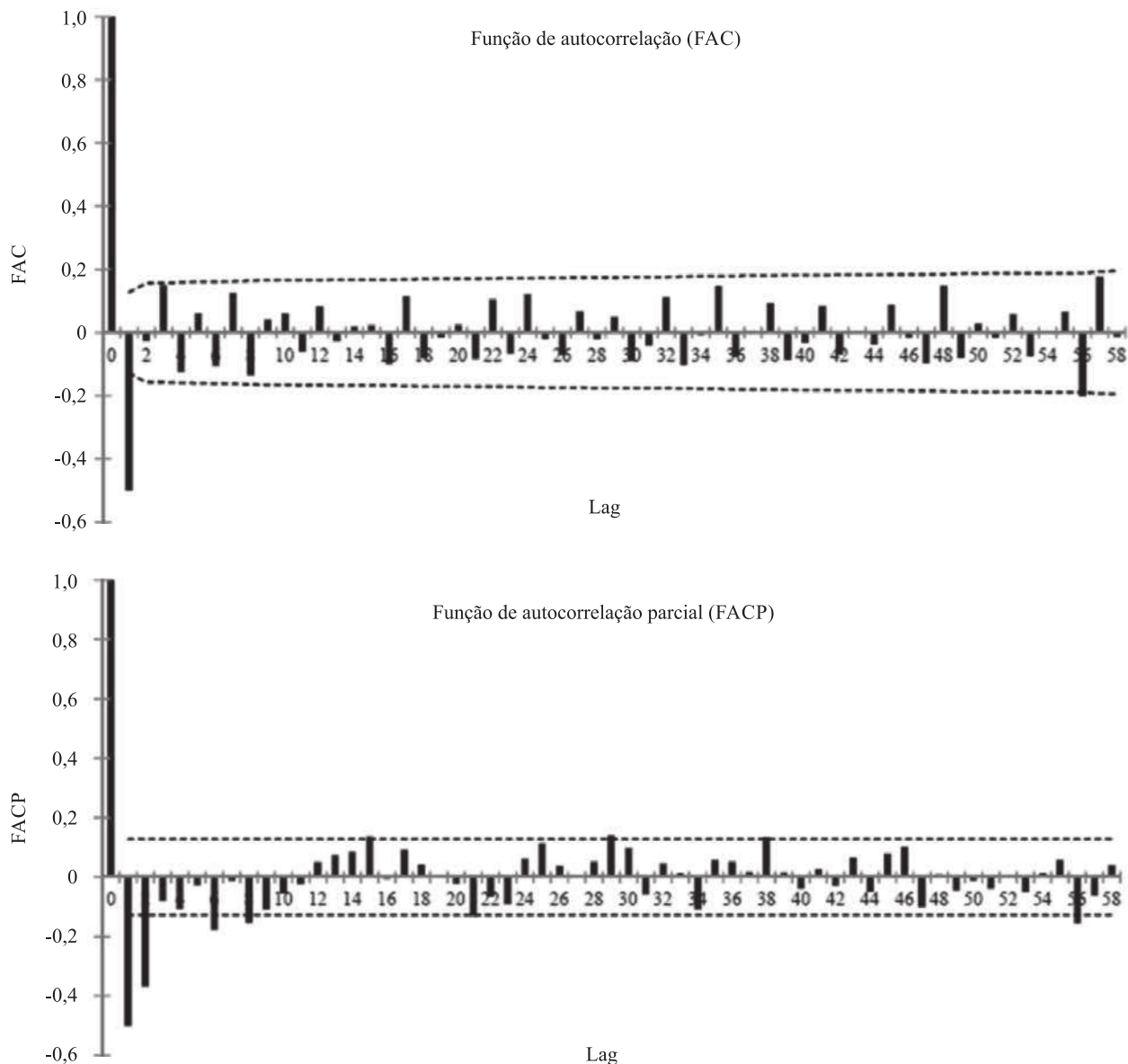
3.2 Identificação

Escolha de d , p e q

Tendo sido aplicado o operador de diferença da série das duas variáveis uma vez, o componente d teve grau 1.

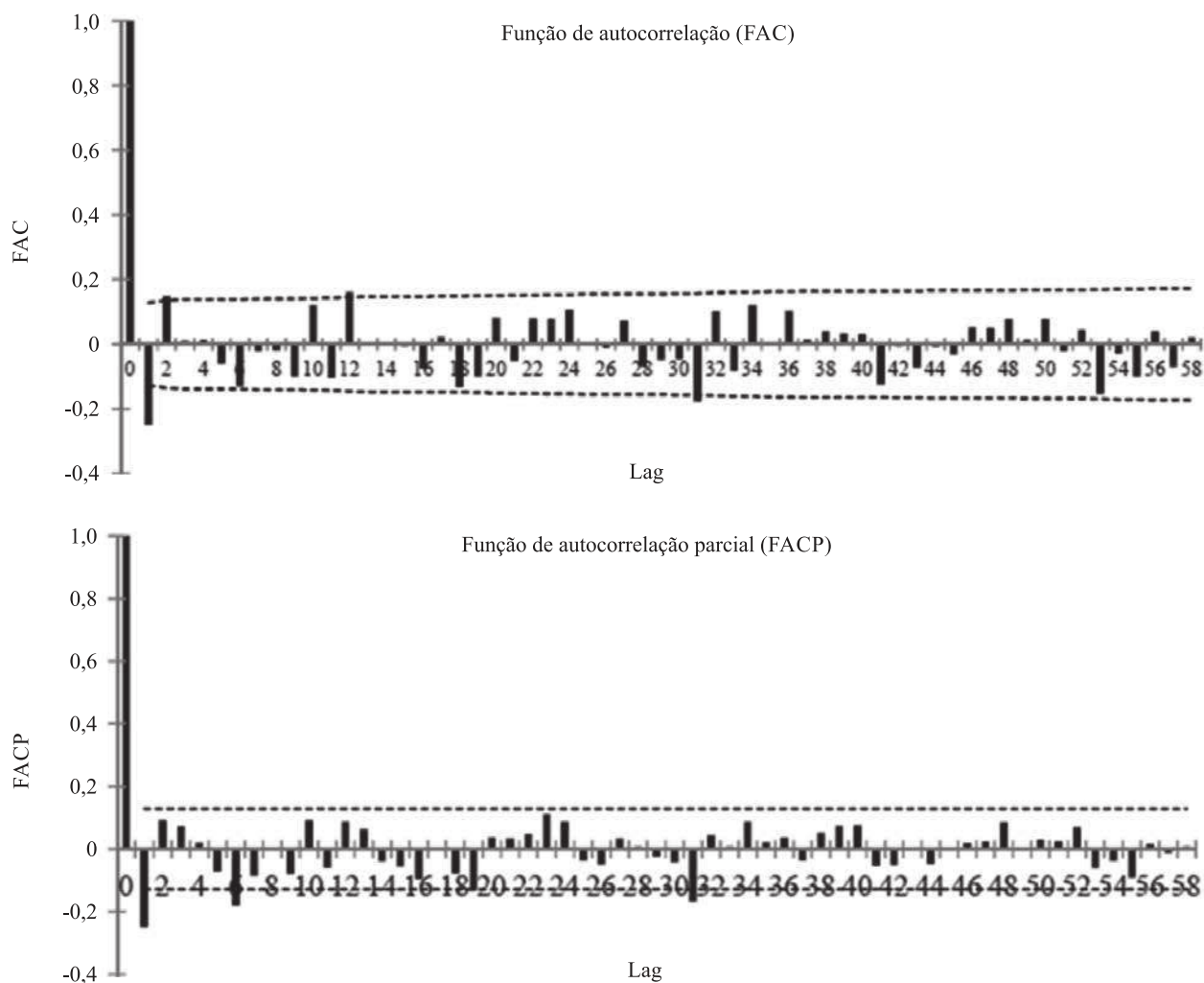
Os autocorrelogramas da FAC e FACP das variáveis temporais, utilizados para determinar a ordem de p e q , para variável volume e para variável preço, estão apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 – Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do volume exportado de madeira serrada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Figura 2 – Representação gráfica da FAC e FACP da série após primeira diferença do preço/m³ madeira serrada exportada para os Estados Unidos, entre 1997 e 2016



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Verificam-se nas Figuras 1 e 2 picos que ultrapassam os limites significantes (representados pela linha tracejada), refletindo que as autocorrelações e autocorrelações parciais são significativamente diferentes de zero. Isso orienta sobre as ordens MA e AR adicionadas ao modelo. Ou seja, através da contagem das autocorrelações e autocorrelações parciais significativas das amostras, a ordem das componentes MA e AR pode ser determinada, conforme explicado a seguir.

Previsão da demanda

Os correlogramas da FAC e FACP em primeira diferença para a série temporal apontaram na FAC picos nos lags 1, 2 e 57, indicando a inclusão do MA(1), MA(2) e MA(57). Na FACP foram observados picos fora do intervalo de confiança nos lags 1, 2, 3, 5 e 8, indicando a inclusão do AR(1), AR(2), AR(3), AR(5) e AR(8). Isso signifi-

fica que os componentes p e q do modelo ARIMA tem graus 5 e 3, respectivamente, o que representa a contagem de três autocorrelações significativas e de cinco autocorrelações parciais significativas dentro da amostra. O modelo que representa esse comportamento é o ARIMA (5,1,3).

Previsão do preço

Para a variável preço, os correlogramas da FAC e FACP em primeira diferença apontaram na FAC picos nos lags 1, 2, 11 e 30, indicando a inclusão dos componentes MA(1), MA(2) e MA(11) e MA(30). Na FACP, foram observados picos 1, 2, 5 e 31, indicando a inclusão do AR(1), AR(2), AR(5) e AR(31). Ou seja, ambos os componentes p e q do modelo ARIMA tem ordem 4, o que representa a contagem de 4 autocorrelações e autocorrelações parciais significativas dentro da amostra. O modelo que representa esse comportamento é o ARIMA (4,1,4).

3.3 Estimação dos parâmetros

Previsão da demanda

É possível evidenciar, conforme resultados apresentados na Tabela 1, que o modelo II (ARI-

MA 5, 1, 3) apresenta o menor valor para todos os critérios avaliados, portanto, foi o modelo escolhido para realizar a verificação.

Tabela 1 – Modelos para previsão da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados para o período de setembro de 2017 a agosto de 2019

| MODELO | Variáveis | Coefficiente | SQR | Sxy(%) | MAPE | AIC | |
|--------|-----------------|--------------|--------|-------------|--------|-------|---------|
| I | ARIMA (5, 1, 4) | α_1 | -0,309 | 39772525870 | 24,30% | 18,55 | 5140,35 |
| | | α_2 | 0,187 | | | | |
| | | α_3 | -0,199 | | | | |
| | | α_4 | 0,026 | | | | |
| | | α_5 | 0,060 | | | | |
| | | β_1 | -0,418 | | | | |
| | | β_2 | -0,371 | | | | |
| | | β_3 | 0,463 | | | | |
| II | ARIMA (5, 1, 3) | α_1 | -0,047 | 3,84E+10 | 23,87% | 18,56 | 5130,28 |
| | | α_2 | 0,811 | | | | |
| | | α_3 | -0,026 | | | | |
| | | α_4 | -0,355 | | | | |
| | | α_5 | -0,252 | | | | |
| | | β_1 | -0,695 | | | | |
| | | β_2 | -0,772 | | | | |
| | | β_3 | 0,746 | | | | |
| III | ARIMA (3, 1, 1) | α_1 | 0,056 | 4,08E+10 | 24,62% | 18,83 | 5136,29 |
| | | α_2 | 0,127 | | | | |
| | | α_3 | 0,145 | | | | |
| | | β_1 | -0,805 | | | | |
| IV | ARIMA (1, 1, 0) | α_1 | -0,514 | 4,74E+10 | 26,52% | 19,89 | 5164,91 |
| V | ARIMA (3, 1, 0) | α_1 | -0,706 | 4,20E+10 | 24,98% | 18,89 | 5140,96 |
| | | α_2 | -0,374 | | | | |
| | | α_3 | -0,067 | | | | |

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Previsão do preço

De acordo como os resultados apresentados na Tabela 2, foi possível evidenciar que o modelo I

(ARIMA 4, 1, 4) apresenta o menor valor para todos os critérios avaliados, sendo o modelo escolhido para realizar a etapa de verificação.

Tabela 2 – Modelos de previsão do preço da madeira serrada de coníferas para exportação do Brasil para os Estados Unidos para o período de setembro de 2017 a agosto de 2019

| MODELO | Variáveis | Coefficiente | SQR | Sxy(%) | MAPE | AIC | | | | | | | |
|------------|-----------------|--------------|-----------------|----------|-------|------|---------|------------|--------|----------|-------|------|---------|
| I | ARIMA (4, 1, 4) | α_1 | 0,734 | 11827,09 | 3,93% | 3,10 | 1606,57 | | | | | | |
| | | α_2 | 0,391 | | | | | | | | | | |
| | | α_3 | -0,476 | | | | | | | | | | |
| | | α_4 | -0,257 | | | | | | | | | | |
| | | β_1 | -1,026 | | | | | | | | | | |
| | | β_2 | -0,024 | | | | | | | | | | |
| | | β_3 | 0,480 | | | | | | | | | | |
| | | β_4 | 0,029 | | | | | | | | | | |
| II | ARIMA (4, 1, 2) | α_1 | 0,426 | 12192,30 | 3,99% | 3,19 | 1612,20 | | | | | | |
| | | α_2 | -0,697 | | | | | | | | | | |
| | | α_3 | -0,233 | | | | | | | | | | |
| | | α_4 | 0,058 | | | | | | | | | | |
| | | β_1 | -0,675 | | | | | | | | | | |
| | | β_2 | 0,996 | | | | | | | | | | |
| | | III | ARIMA (3, 1, 1) | | | | | α_1 | -0,156 | 12720,82 | 4,08% | 3,21 | 1614,98 |
| | | | | | | | | α_2 | 0,126 | | | | |
| α_3 | 0,067 | | | | | | | | | | | | |
| β_1 | -0,076 | | | | | | | | | | | | |
| IV | ARIMA (1, 1, 1) | α_1 | -0,464 | 12834,80 | 4,10% | 3,24 | 1613,05 | | | | | | |
| | | β_2 | 0,227 | | | | | | | | | | |
| V | ARIMA (3, 1, 3) | α_1 | 0,413 | 12284,97 | 4,01% | 3,22 | 1612,96 | | | | | | |
| | | α_2 | -0,358 | | | | | | | | | | |
| | | α_3 | -0,499 | | | | | | | | | | |
| | | β_1 | -0,661 | | | | | | | | | | |
| | | β_2 | 0,625 | | | | | | | | | | |
| | | β_3 | 0,354 | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

3.4 Verificação

Previsão da demanda

As previsões da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos, para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017, estão apresentadas na Tabela 3. Conforme apontam os resultados, os resíduos das previsões para validação são aleatórios. Isso é uma exigência na modelagem, pois conforme relata Gujarati (2006) para que o modelo estimado seja considerado apropriado é necessário que os seus resíduos sejam estimativas de ruído branco.

Tabela 3 – Demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (5, 1, 3) para o período de setembro de 2016 a agosto de 2017

| Período | Vol observado (m ³) | Vol estimado (m ³) | Resíduo | Resíduo (%) |
|---------|---------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|
| set/16 | 57.293,00 | 56.196,57 | 1.096,43 | 2% |
| out/16 | 39.634,00 | 54.861,16 | -15.227,16 | -38% |
| nov/16 | 60.005,00 | 60.271,29 | -266,29 | 0% |

| Período | Vol observado (m ³) | Vol estimado (m ³) | Resíduo | Resíduo (%) |
|---------|---------------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|
| dez/16 | 64.595,00 | 53.882,97 | 10.712,03 | 17% |
| jan/17 | 50.026,00 | 58.870,12 | -8.844,12 | -18% |
| fev/17 | 48.329,00 | 57.202,96 | -8.873,96 | -18% |
| mar/17 | 67.712,00 | 59.905,91 | 7.806,09 | 12% |
| abr/17 | 68.431,00 | 59.205,48 | 9.225,52 | 13% |
| mai/17 | 60.314,00 | 61.311,91 | -997,91 | -2% |
| jun/17 | 61.234,93 | 59.911,39 | 1.323,54 | 2% |
| jul/17 | 61.518,00 | 61.163,64 | 354,36 | 1% |
| ago/17 | 70.989,00 | 59.482,30 | 11.506,70 | 16% |
| Média | 59.173,41 | 58.522,14 | 651,27 | - |

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Além disso, por meio da análise da dispersão de resíduos, apresentada na Figura 3, é possível concluir sobre a sua dispersão aleatória.

Desta forma, pode-se afirmar que o modelo apresentou-se apropriado para as estimações realizadas.

O modelo ARIMA II (5, 1, 3) está apresentado na equação 3.

$$Y_t = 0,047 * Y_{t-1} + 0,811 * Y_{t-2} - 0,026 * Y_{t-3} - 0,355 * Y_{t-4} - 0,252 * Y_{t-1} - 0,772 * Y_{t-2} - 0,746 * Y_{t-3} + et \quad (3)$$

Enquanto a média dos valores observados foi de 59.173,41m³, a dos valores estimados foi de 58.522,14m³ para o período avaliado. Portanto, a previsão feita pelo modelo ARIMA (5, 1, 3) subestimou a demanda de exportação da madeira serrada de pinus em 1,1%, sendo que os maiores desvios foram observados em outubro de 2016 e janeiro e fevereiro de 2017.

Previsão do preço

O modelo I (ARIMA 4, 1, 4) subestima o preço de exportação. Portanto, como sugerido por Gujarati (2006), como o modelo não é apropriado, foi utilizado outra ordem para os componentes p e q. O modelo escolhido testado para verificação foi o II – ARIMA (4, 1, 2), já que apresenta os melhores critérios de seleção seguido do I – ARIMA (4, 1, 4).

O comportamento médio dos resíduos do modelo II foi apropriado para o período de verificação, obtendo-se resíduos próximos a um ruído branco, conforme Tabela 4 e Figura 3.

O modelo ARIMA II (4, 1, 2) está apresentado na equação 4.

$$Y_t = 0,043 * Y_{t-1} - 0,697 * Y_{t-2} - 0,233 * Y_{t-3} - 0,058 * Y_{t-4} - 0,067 * Y_{t-1} - 0,099 * Y_{t-2} + et \quad (4)$$

Enquanto a média dos valores observados foi de US\$218,456/m³, a dos valores estimados foi de US\$219,61/m³ para o período avaliado. Sendo assim, a previsão feita pelo modelo superestimou

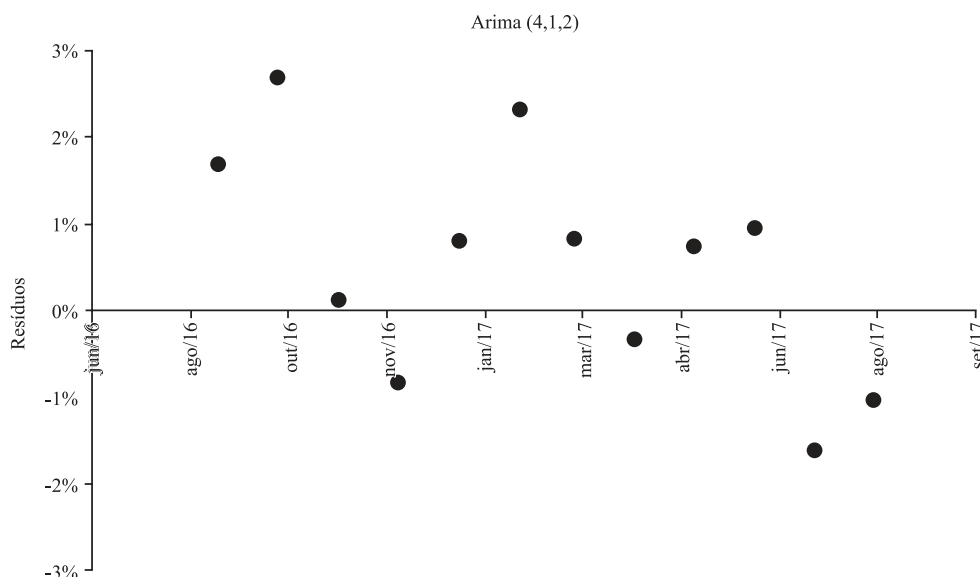
Tabela 4 – Preço/m³ de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, observado e previsto pelo modelo ARIMA (4,1,2) para o período entre setembro de 2016 e agosto de 2017

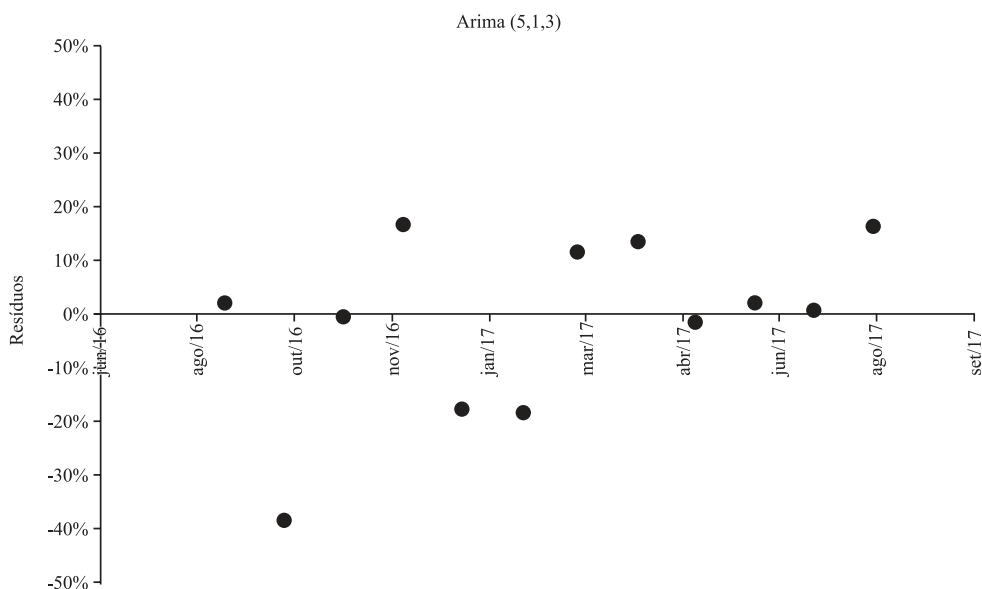
| Período | Preço observado (US\$/m³) | Preço estimado (US\$/m³) | Resíduo | Resíduo (%) |
|---------|---------------------------|--------------------------|---------|-------------|
| set/16 | 216,09 | 219,779 | -3,69 | -2% |
| out/16 | 213,88 | 219,648 | -5,77 | -3% |
| nov/16 | 218,77 | 219,081 | -0,32 | 0% |
| dez/16 | 221,19 | 219,372 | 1,82 | 1% |
| jan/17 | 218,07 | 219,875 | -1,8 | -1% |
| fev/17 | 215,02 | 220,011 | -4,99 | -2% |
| mar/17 | 217,79 | 219,617 | -1,83 | -1% |
| abr/17 | 219,97 | 219,255 | 0,72 | 0% |
| mai/17 | 217,73 | 219,372 | -1,65 | -1% |
| jun/17 | 217,66 | 219,774 | -2,12 | -1% |
| jul/17 | 223,48 | 219,926 | 3,55 | 2% |
| ago/17 | 221,9 | 219,661 | 2,24 | 1% |
| Média | 218,46 | 219,61 | -1,15 | |

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

o preço de exportação da madeira serrada em 0,53% no período avaliado, sendo que os maiores desvios foram observados em outubro de 2016 e fevereiro de 2017.

Figura 3 – Resíduos, em %, para o modelo ARIMA (5, 1, 3) de previsão de demanda e do modelo de previsão ARIMA (4, 1, 2) do preço/m³ de exportação de madeira serrada do Brasil para os Estados Unidos, entre setembro de 2016 e agosto de 2017





Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

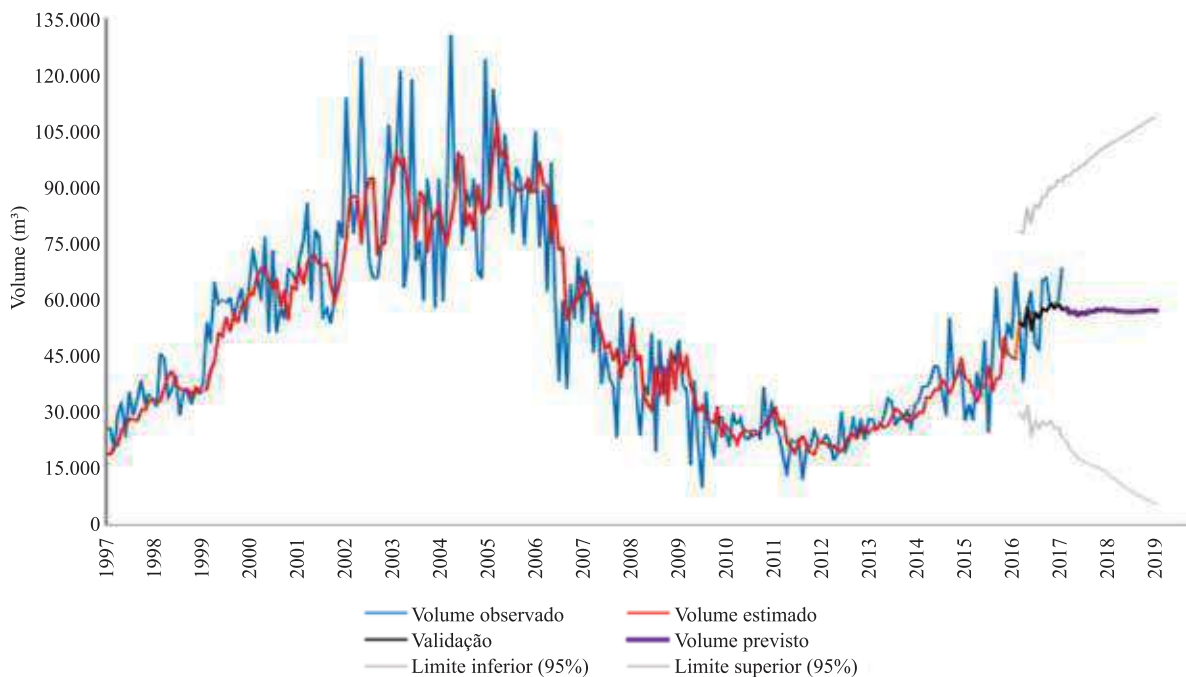
Constatações semelhantes foram feitas na etapa de verificação de modelos ARIMA para variáveis relacionadas a produtos de base florestal. Cordeiro et al. (2010), ao realizarem a etapa de verificação do modelo para prever o preço de exportação da madeira serrada de pinus no Brasil superestimou o preço em 2,2%. Para realizar estimativas da produção de madeira serrada, o modelo escolhido por Castro et al. (2012) subestimaram a produção em 0,15% para madeira de não coníferas e superestimou em 2,43% para coníferas no período utilizado para verificação.

3.5 Previsões

Previsão da demanda

A Figura 4 apresenta os dados da série histórica original e dos valores obtidos pelo modelo ARIMA (5, 1, 3) para previsão da demanda de exportação da madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos.

Figura 4 – Previsão da demanda de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas pelo modelo ARIMA (5, 1, 3)



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores da previsão da demanda de exportação do volume de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, para o período entre setembro de 2017 e agosto de 2019, feitas pelo modelo ARIMA (5, 1, 3).

Foi possível evidenciar que a demanda do volume exportado permanecerá constante nos próximos anos, tendo como média 59.171,641 m³, média igual ao período utilizado para realizar a verificação (59.173,41 m³).

Tabela 5 – Demanda de exportação pelo modelo ARIMA (5, 1, 3) e preço/m³ de exportação pelo modelo ARIMA (4, 1, 2) de madeira serrada de coníferas do Brasil para os Estados Unidos, prevista para setembro de 2017 a agosto de 2019

| Período | Volume estimado (m ³) | Preço previsto (US\$/m ³) |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| set/17 | 60.040,91 | 219,41 |
| out/17 | 58.585,19 | 219,47 |
| nov/17 | 59.057,61 | 219,73 |
| dez/17 | 58.121,87 | 219,84 |
| jan/18 | 58.811,53 | 219,68 |
| fev/18 | 58.384,42 | 219,47 |
| mar/18 | 59.187,02 | 219,49 |
| abr/18 | 58.998,71 | 219,68 |
| mai/18 | 59.660,47 | 219,80 |

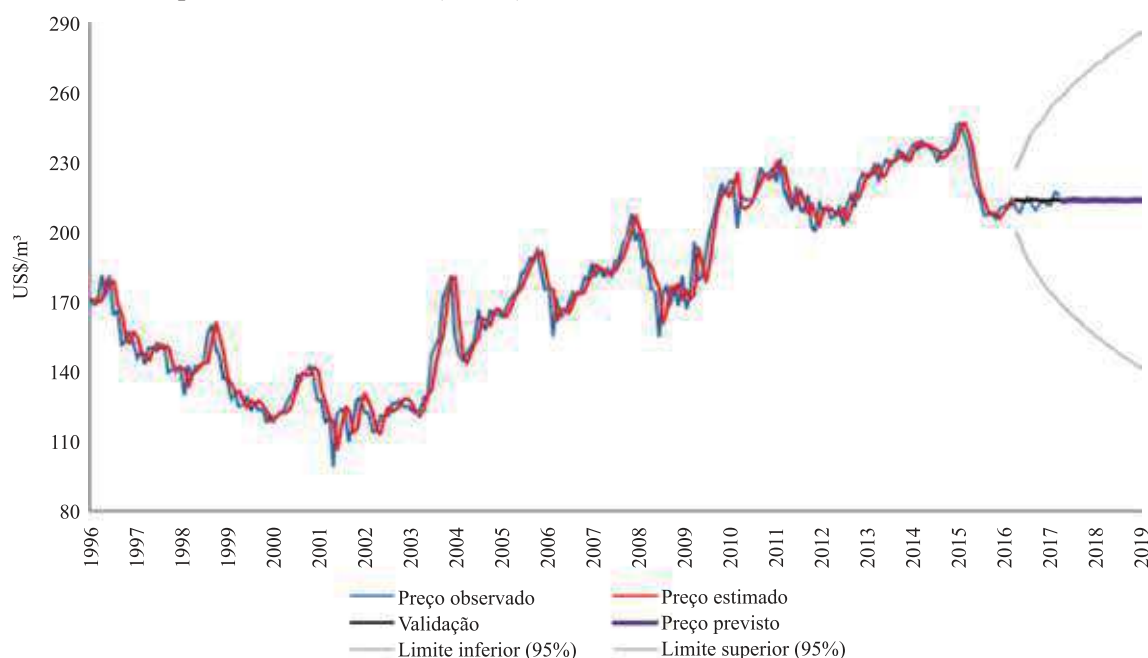
| Período | Volume estimado (m ³) | Preço previsto (US\$/m ³) |
|---------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| jun/18 | 59.434,12 | 219,69 |
| jul/18 | 59.808,92 | 219,52 |
| ago/18 | 59.455,39 | 219,51 |
| set/18 | 59.594,14 | 219,65 |
| out/18 | 59.204,83 | 219,76 |
| nov/18 | 59.268,53 | 219,70 |
| dez/18 | 58.977,26 | 219,56 |
| jan/19 | 59.092,35 | 219,53 |
| fev/19 | 58.952,38 | 219,63 |
| mar/19 | 59.135,26 | 219,72 |
| abr/19 | 59.097,63 | 219,69 |
| mai/19 | 59.283,89 | 219,59 |
| jun/19 | 59.260,70 | 219,55 |
| jul/19 | 59.384,17 | 219,62 |
| ago/19 | 59.322,08 | 219,70 |
| Média | 59.171,64 | 219,63 |

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Previsão do preço

A Figura 5 apresenta os dados da série histórica original e dos valores obtidos pelo modelo ARIMA (4, 1, 2) para previsão do preço/m³ de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos.

Figura 5 – Previsão do preço/m³ de exportação brasileira da madeira serrada de coníferas para os Estados Unidos pelo modelo ARIMA (4, 1, 2)



Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Na Tabela 5 também estão apresentados os valores do preço/m³ de madeira serrada de coníferas de exportação do Brasil para os Estados Unidos previstos para o período entre setembro de 2017 e agosto de 2019, estimados pelo modelo ARIMA (4, 1, 2).

Foi possível evidenciar que o preço médio para os próximos dois anos é de US\$219,63. É importante mencionar que a série de dados utilizada para ajustar o modelo é de valores deflacionados. Portanto, os valores previstos são reais (sem inflação).

Levando em consideração que a inflação do Brasil é maior que a norte-americana, pode-se deduzir que, apesar de permanecerem em média os mesmos, os preços de exportação tendem a reduzir nos próximos meses, já que não sofrerão nenhuma correção.

Em outros trabalhos, a metodologia clássica de Box & Jenkins foi aplicada e também obteve previsões acuradas de variáveis relacionadas à matéria-prima de base florestal. Cordeiro et al. (2010) desenvolveram um modelo de previsão do preço de exportação da madeira serrada de Pinus no Brasil; Coelho Júnior et al. (2006) realizaram a previsão do preço de carvão vegetal em Minas Gerais; Castro et al. (2011) obtiveram sucesso ao prever a produção de celulose de fibra curta para o Brasil; Soares et al. (2012) realizaram previsões de preços de castanha de caju no Ceará e Castro et al. (2012) encontraram resultados satisfatórios para prever a produção de madeira serrada de coníferas e não coníferas.

Diante do exposto, a aplicação da metodologia Box & Jenkins permitiu identificar que a alta demanda de madeira serrada verificada nos últimos anos permanecerá constante e que o preço não sofrerá correções a curto prazo.

4 CONCLUSÃO

Os modelos ARIMA (5, 1, 3) e ARIMA (4, 1, 2) demonstraram-se apropriados para realizar previsões da demanda e do preço/m³ da madeira exportada, respectivamente.

As previsões indicam que a demanda norte-americana de madeira serrada de coníferas do Brasil permanecerá constante, sem aumento ou queda para os próximos dois anos. O preço previsto também não sofrerá reajustes para os próximos

24 meses, permanecendo em média US\$219,63/m³. É importante ressaltar que as previsões geradas não contemplam as implicações de possíveis anomalias que possam afetar essas variáveis, como desastres naturais ou mudanças no cenário econômico.

As previsões realizadas pela metodologia Box & Jenkins podem subsidiar decisões futuras com relação a planejamento, como dimensionamento de estoque a determinação dos recursos necessários para a empresa.

REFERÊNCIAS

- ALICEWEB. SISTEMA DE ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES DE COMÉRCIO EXTERIOR. Aliceweb. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ÂNGELO, H.; NUÑEZ, B. E. C. Análise de fatores que influenciam o preço da madeira em tora para processamento mecânico no Paraná. *Cerne*, v. 16, n. 2, p. 243-250, 2010.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. *Timeseries analysis forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- CARDOSO, M. V.; SOARES, P. R. C.; SILVA, J. C. G. L. da; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. Estudo da sazonalidade do preço da celulose brasileira no mercado dos Estados Unidos em períodos cíclicos como apoio a estratégias empresariais. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 47-55, 2013.
- CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; ATAÍDE, G. M.; ARAÚJO JUNIOR, C. A.; MARCATTI, G. E.; SILVEIRA, D. P.; COSTA, C. B. Análise econométrica da produção de madeira serrada no Brasil. *Floresta*, v. 42, n. 4, p. 661-670, 2012.
- CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; ATAÍDE, G. M.; COSTA, J. M. F. N.; VIEIRA, J. P. G.; SANTOS, R. C.; SOARES, C. P.; ARAÚJO JUNIOR, C. A. Projeções da produção de celulose de fibra curta no Brasil. *Floresta*, v. 41, n. 2, p. 369-376, 2011.

COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P.; CALEGARIO, N.; SILVA, M. L. Análise longitudinal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 429-438, 2006.

CORDEIRO, S. A.; SOARES, A. S.; BRAGA, M. J.; SILVA, M. L. Previsões do preço de exportação da madeira serrada de Pinus no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 205- 214, 2010.

GUJARATI, D. **Econometria básica**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2006.

GUTIERREZ, C. E. C.; ALMEIDA, F. M. M. Modelagem e previsão do preço do café brasileiro. **Revista de Economia**, v. 39, n. 2, p. 7-27, 2013.

ITC. INTERNATIONAL TRADE CENTRE. Disponível em: <<http://www.intracen.org/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MIRANDA, R. G.; ANDRADE, G. J. P. O.; GERBER, J. Z.; BORNIA, A. C. Método estruturado para o processo de planejamento da demanda nas organizações. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2011.

RATNIEKS, I. **Métodos de previsão**: aplicação da metodologia de Box e Jenkins ao varejo brasileiro – o caso das Lojas Americanas. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

SOARES, S. N.; SOUSA, E. P.; SILVA, M. L. Análise de previsões de preços da castanha de caju no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 43, n. 3, p. 487-500, 2012.

THOMPSON, G. **How to adjust for inflation**, 2009. Disponível em: <[http:// researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN04962](http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN04962)>. Acesso em: 12 nov. 2017.

XLSTAT Version 2014.5.03. Copyright Addinsoft 1995-2014 (2014) XLSTAT and Addinsoft Are Registered Trademarks of Addinsoft. Disponível em: <<https://www.xlstat.com>>.