

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE BIODIESEL, POR MEIO DA
METODOLOGIA BOX E JENKINS**

**EVALUATION OF BRAZILIAN BIODIESEL PRODUCTION THROUGH THE BOX
AND JENKINS METHODOLOGY**

Afonso Valau de Lima Junior, Bianca Reichert, Jonatan da Rosa Pereira da Silva, Viviane de Senna e
Adriano Mendonça Souza

RESUMO

A preocupação com a preservação do meio ambiente se torna cada vez mais o foco das linhas de produção, do desenvolvimento de novos produtos e das nossas ações diárias. Somos forçados a pensar de maneira sustentável para que os recursos naturais possam ser usufruídos por gerações futuras. O biodiesel como sendo um produto sustentável é de grande potencial, pois pode ser utilizado como combustível de automóveis com motor diesel, ou seja, tem a capacidade de substituir o diesel. Portanto, o objetivo desta pesquisa é estudar o comportamento da produção de Biodiesel no Brasil, por meio da metodologia de Box e Jenkins, com base em uma amostra de 96 observações compreendidas entre o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2013. O modelo encontrado foi um SARIMA (1,1,1) (0,0,1)₁₂ que captou o comportamento linear e sazonal da série estudada, proporcionando a realização de previsões no curto prazo.

Palavras-chave: Biodiesel, séries temporais, ARIMA.

ABSTRACT

The concern for preserving the environment becomes increasingly the focus of the production lines, the development of new products and our daily actions. We are forced to think in a sustainable manner so that natural resources can be enjoyed by future generations. Biodiesel as a sustainable product is of great potential since it can be used as fuel for diesel engine vehicles, or has the ability to replace diesel. Therefore, the aim of this research is to study the behavior of biodiesel production in Brazil through the Box-Jenkins methodology, based on a sample of 96 observations between the periods January 2006 to December 2013. Model found was a SARIMA (1,1,1) (0,0,1)₁₂ that captured the linear and seasonal behavior of the series studied, providing the realization of forecasts in the short term.

Keywords: Biodiesel, time series, ARIMA.

INTRODUÇÃO

Os óleos e gorduras são substâncias insolúveis e podem ser de origem animal ou vegetal. Quando estes materiais não são descartados corretamente podem poluir a água via esgoto ou solo. Estudos apontam que aproximadamente um litro de óleo pode poluir de 10.000 litros a um milhão de litros de água potável, uma quantidade equivalente ao consumo de uma pessoa em 14 anos. O biodiesel pode ser uma solução para o descarte deste material, pois se trata de um combustível biodegradável proveniente de fontes de energia renováveis como óleo de soja, gordura animal (sebo bovino e gordura suína), óleo de algodão, óleo de girassol, entre outras plantas oleaginosas.

O biodiesel surge como uma alternativa de reutilização destes pesados poluentes, dado que a sua fabricação se dá a partir destes recursos. Com isto, o biodiesel, antes mesmo de ser uma alternativa de combustível, é uma forma de preservação da natureza. Este biocombustível é considerado uma alternativa aos combustíveis de origem fóssil por não ter necessidade de utilizar o petróleo como sua base, por esta característica, o processo de queima do biodiesel libera menor quantidade de gases poluentes, resultando em melhor qualidade de vida e conservação do meio ambiente.

O processo de produção do biodiesel é chamado de transesterificação, no qual a molécula de óleo vegetal, um triglicérido, é alterada para biodiesel. As etapas para obtenção do combustível são: preparação da matéria-prima (óleos vegetais e gorduras animais), reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, destilação da glicerina e purificação do combustível.

A produção de biodiesel cresce a cada ano no Brasil, aumentando, assim, a concorrência entre usinas produtoras de biodiesel e o cultivo de plantas e sementes oleaginosas no país. Segundo um relatório publicado por uma consultoria alemã especializada em óleos vegetais *Oil World* assegura que a produção mundial de biodiesel irá aumentar aproximadamente 8% no ano de 2014.

A Petrobras, sendo a mais importante produtora de combustível nacional, é uma das organizações brasileiras que apoia e subsidia suas próprias usinas – Petrobras Biocombustível. A capacidade de produção de biodiesel destas usinas é em torno de 821 milhões de litros/ano. A Petrobras Biocombustível conta também com o apoio do Ministério do Desenvolvimento Agrário, o qual concedeu às suas usinas parceiras um selo, o Selo de Combustível Social e, além disso, a Petrobras Biocombustível implementa o Programa Cultivar, o qual fornece aos agricultores visitas de técnicos para melhorar a qualidade da produção agro familiar e, com isso, garante a compra da produção pelo preço de mercado.

A previsão de investimento da Petrobras na área de biocombustíveis é investir cerca de US\$ 2,3 bilhões até 2018 para manter o desenvolvimento e o aumento da produção de biocombustíveis, alinhado o mercado consumidor de gasolina e diesel. O seu objetivo até 2030 é ter participação de 24% no mercado de biodiesel e de 15% no de etanol.

Apesar do biocombustível não ser algo relativamente novo, foi apenas por volta de 1973 com a crise do petróleo que as pesquisas se intensificaram, em busca de uma alternativa de fonte de energia. No Brasil, os números mostram-se mais significativos atraindo cada vez mais investidores. Apesar da produção de biodiesel estar relacionada a diversos fatores de riscos, como condições climáticas, crises econômicas, entre outros. Isto incentiva o gerenciamento e investimentos indutivos. Com o avanço da concorrência e da globalização, o gerenciamento precisa ser consistente para obter resultados satisfatórios e garantir a sobrevivência desde agricultores até usinas produtoras de biodiesel.

Uma maneira de efetuar esse gerenciamento nas usinas é através das previsões de produção. São vários métodos de previsão existentes, contudo a previsão de séries temporais é um método que pode apoiar tanto o agricultor, as usinas produtoras quanto os investidores deste

mercado em desenvolvimento. Utiliza-se previsão visando à redução dos riscos da produção de biodiesel, através da previsão dos preços de compra e venda de produtos e commodity.

Como a produção de biodiesel caracteriza-se como uma série temporal, isto é, um conjunto de observações ordenadas no tempo $\{Z_t, t \in T\}$, há a possibilidade de se estudar os processos geradores das séries assim como obter modelos de previsões baseados nas observações passadas que contem informações sobre o padrão de comportamento futuro Box e Jenkins (1970). Para estudar uma série são necessárias duas ideias básicas a primeira é que exista uma dependência de uma observação par a outra, a qual será denominada de autocorrelação e a segunda é que esta autocorrelação possa explicar o comportamento futuro da série. Para tanto é necessário encontrar um modelo que represente o conjunto de dados, descritos na metodologia de Box e Jenkins (1970).

OBJETIVO

Como sendo um meio de reduzir os riscos da tomada de decisão do setor de biocombustíveis o presente estudo tem como objetivo apresentar a aplicabilidade dos modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*) na previsão da Produção de Biodiesel Puro – B100 no Brasil, através da metodologia de Box e Jenkins.

METODOLOGIA

Os dados utilizados para a execução deste trabalho foram coletados no site da Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Anp) e modelados com auxílio do software Eviews 8 SV. A série em estudo é composta por 96 observações mensais, referentes à produção nacional de biodiesel puro (barris equivalentes de petróleo) no período compreendido entre janeiro de 2006 e dezembro de 2013.

O ciclo iterativo, por sua vez, pode ser dividido em 4 grandes etapas: Identificação, Estimção, Validação e Previsão. Este consiste em uma estratégia para selecionar os modelos de maneira que a série seja representada satisfatoriamente.

Na primeira etapa denominada identificação, a principal suposição a ser analisada é referente a estacionariedade da série, ou seja, deve haver um desenvolvimento em torno de uma média, variância e autocovariância constantes, caso isso não venha a ocorrer é necessário à aplicação de transformações para estacioná-la. (MORETTIN, TOLOI, 1986). A estacionariedade de uma série é a garantia de que a série é estável ao longo do tempo, ou seja, os parâmetros do modelo estimado são representativos.

Após a confirmação da estacionariedade da série, a próxima fase desta etapa é a identificação da estrutura do modelo, pela análise das funções: autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF).

Na segunda etapa, estimção, onde a notação utilizada para designar o modelo ARIMA (p, d, q), onde AR(p) corresponde a parte autorregressiva de ordem p é explicada por $y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$, ϕ indica os parâmetros reais e ε_t o ruído branco. O processo de médias móveis MA(q) tem como equação $y_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$. O θ indica constantes reais e ε_t o ruído branco. O ruído branco é um conjunto de variáveis aleatórias com distribuição e variância constantes e média igual a zero. A parte I(d) do modelo ARIMA é referente a diferenciação onde é a subtração da segunda observação pela primeira demonstrado na fórmula $\Delta^d y = y_t - y_{t-1}$, o valor diferenciado é o valor de y no período $t - 1$, representado por d. A segunda diferença é dada por $\Delta^d y = y_{t-1} - y_{t-2}$, $d = 2$ esta aplicação não deve ser superior a duas vezes na mesma série. (MORETTIN, 2008).

Em modelos que apresentam sazonalidade, a definição do modelo se torna SARIMA (p,d,q) (P,D,Q)_s, onde p e q refere-se às ordens auto-regressiva e de média móvel, respectivamente. A ordem auto-regressiva sazonal e de média móvel sazonal é representado por P e Q, respectivamente. (VICINI E SOUZA, 2007). A equação na íntegra do modelo SARIMA(p,q,d) (P,D,Q)_s é dado por:

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i} + \sum_{i=1}^P \Phi_i^P \Delta^D Y_{t-i} + \mu_j + \sum_{j=1}^q \theta_j \mu_{j-1} + \sum_{j=1}^Q \Theta_j^Q \mu_{j-1} + \varepsilon_t$$

Onde:

$$\delta + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i}$$

, é a parte auto-regressiva não-sazonal de ordem p;

$$\sum_{i=1}^P \Phi_i^P \Delta^D Y_{t-i}$$

, é a parte auto-regressiva sazonal de ordem P e estação sazonal s;

$$\mu_j + \sum_{j=1}^q \theta_j \mu_{j-1}$$

, é parte de integração não-sazonal de ordem d;

$$\sum_{j=1}^Q \Theta_j^Q \mu_{j-1}$$

, é a parte sazonal de médias móveis de ordem Q e estação sazonal s,

ε_t , ruído branco.

Após encontrados os modelos passa-se à fase seguinte, validação, onde os critérios a serem obedecidos são: o nível de significância inferior a 5%, condições de estacionaridade e invertibilidade dos parâmetros (em módulo, são menores que um) e a presença de ruído branco. Para selecionar o modelos mais parcimoniosos, ou seja, aquele que possui o menor número de parâmetros, é analisado os critérios AIC (Akaike Information Criteria) e BIC (Bayesian Information Criteria) através das equações:

$$AIC(p, q) = \ln \hat{\sigma}_{p,q}^2 + \frac{2(p+q)}{N}$$

$$BIC(p, q) = \ln \hat{\sigma}_{p,q}^2 + (p+q) \frac{\ln N}{N}$$

Onde: p e q são os parâmetros conhecidos, n é o tamanho da amostra, \ln é o logaritmo neperiano e σ_e^2 a variância estimada dos erros.

Levando em conta que quanto menor for o AIC e BIC mais adequado estar o modelo para a projeção dos valores futuros da série. (MORETTIN, 2008)

Na quarta e última etapa, previsão é necessária a realização da seleção dos períodos de previsão, cálculo das previsões, cálculo das estatísticas para avaliação da capacidade de estabelecer previsões e análise para verificar se as previsões foram corretamente elaboradas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A série original de Produção Nacional de Biodiesel Puro - B100 (barris equivalentes de petróleo) é apresentada na Figura 1, observa-se que esta série possui uma tendência ascendente e também é constatado a necessidade da utilização da diferenciação para torná-la estacionária. Para ratificar a análise visual, foi realizado o teste de estacionaridade mediante teste de raiz unitária, através do ADF (*Augmented Dickey-Fuller*), teste que foi realizado na série original e na série com 1 diferença, onde foi constatado que a série se torna estacionária aplicando-se 1 diferença.

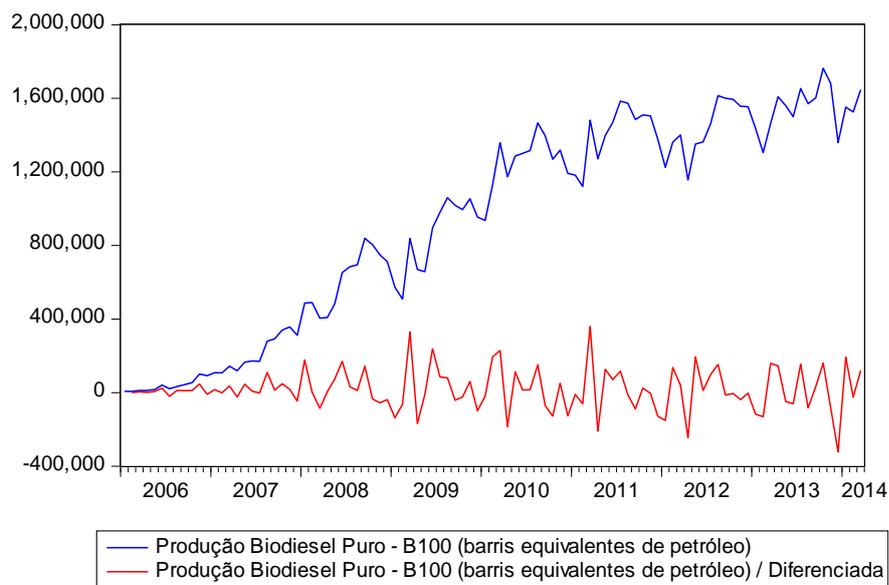


Figura 1: Série original e Série diferenciada

Na Figura 2, há uma sinalização de que o processo gerador da série de Produção Nacional de Biodiesel Puro - B100 (barris equivalentes de petróleo) seja um modelo SARIMA, pois o FAP possui uma caída acelerada, o que justifica o processo AR (Autorregressivo) concomitantemente apresenta uma FAC com caída acelerada o que caracteriza um processo MA (Médias Móveis) e possui uma parte I (Integrada), pois está estacionária com 1 diferença. É possível visualizar que no lag12 há presença de sazonalidade, o que explica a parte SA (Sazonal).

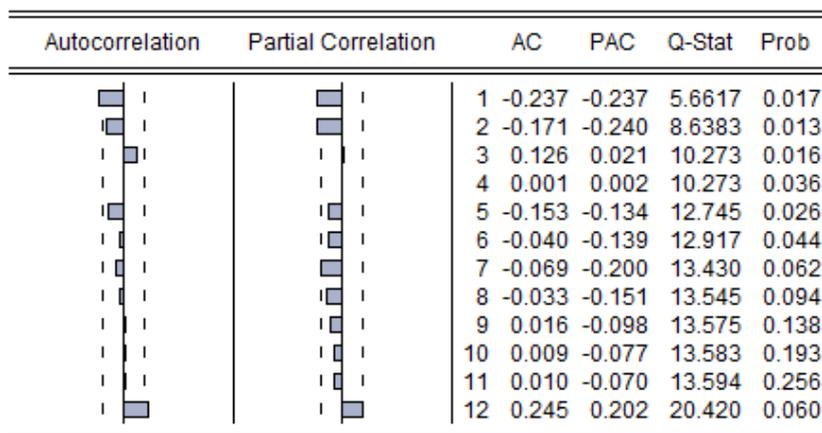


Figura 2: FAC e FACP da Série Diferenciada

A identificação de modelos significativos que representem o comportamento da série de Produção Nacional de Biodiesel é o próximo procedimento metodológico aplicado no estudo. Na Tabela 1, é possível observar os modelos significativos encontrados para explicar o desenvolvimento da série, todos são modelos concorrentes, pois os coeficientes apresentam nível de significância (*p-value*) menor que 5% e os valores em módulo dos parâmetros são menores que um, respeitando assim as condições de estacionaridade e invertibilidade.

Tabela 1: Modelos encontrados para a série de Produção Nacional de Biodiesel

Modelo	Coefficientes	<i>p-value</i>	AIC	BIC
SARIMA(2,1,0) (1,0,0) ₁₂	$\phi_1 = -0,310309$ $\phi_2 = -0,420743$ $\Phi_1 = 0,507284$	<0,005	26,06818	26,15686
SARIMA(1,1,0) (1,0,0) ₁₂	$\phi_1 = -0,332739$ $\Phi_1 = 0,443124$	<0,005	26,13745	26,19657
SARIMA(1,1,1) (1,0,0) ₁₂	$\phi_1 = -0,250459$ $\theta_1 = -0,378378$ $\Phi_1 = 0,482749$	<0,005	26,09093	26,17898
SARIMA(1,1,1) (0,0,1) ₁₂	$\phi_1 = -0,225928$ $\theta_1 = -0,295312$ $\Theta_1 = 0,284554$	<0,005	26,03708	26,11825

O modelo SARIMA (1,1,1) (0,0,1)₁₂ foi que o mais se ajustou a série de Produção Nacional de Biodiesel, pois analisando os critérios AIC (*Akaike info criterion*) e BIC (*Schwartz Bayesian Criteria*) nos modelos concorrentes, o modelo SARIMA (1,1,1) (0,0,1)₁₂ apresentou os menores valores para esses critérios, 26,03708 e 26,11825, respectivamente.

Os resíduos originados deste modelo possuem características de um ruído branco, pois são não-correlacionados, com distribuição aleatória em torno de zero e variância aproximadamente constante. Na Figura 3, apresenta-se as FAC (Função de Autocorrelação) e a

FACP (Função de Autocorrelação Parcial) respectivamente, dos resíduos do modelo escolhido, SARIMA(1,1,1) (0,0,1)₁₂.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.058	-0.058	0.3239	
		2	-0.063	-0.067	0.7191	
		3	0.104	0.097	1.7823	
		4	0.010	0.018	1.7933	0.181
		5	-0.218	-0.208	6.6199	0.037
		6	-0.076	-0.115	7.2152	0.065
		7	-0.062	-0.105	7.6125	0.107
		8	-0.087	-0.074	8.4008	0.135
		9	-0.061	-0.067	8.7990	0.185
		10	0.106	0.062	10.011	0.188
		11	0.097	0.085	11.036	0.200
		12	0.045	0.042	11.254	0.259

Figura 3: FAC e FACP dos resíduos do modelo SARIMA (1,1,1) (0,0,1)₁₂

Diante o modelo SARIMA(1,1,1) (0,0,0)₁₂, apresenta-se na Figura 4, a série original com 1 diferença, a série dos resíduos produzido pelo modelo escolhido e também série prevista com base no modelo proposto.

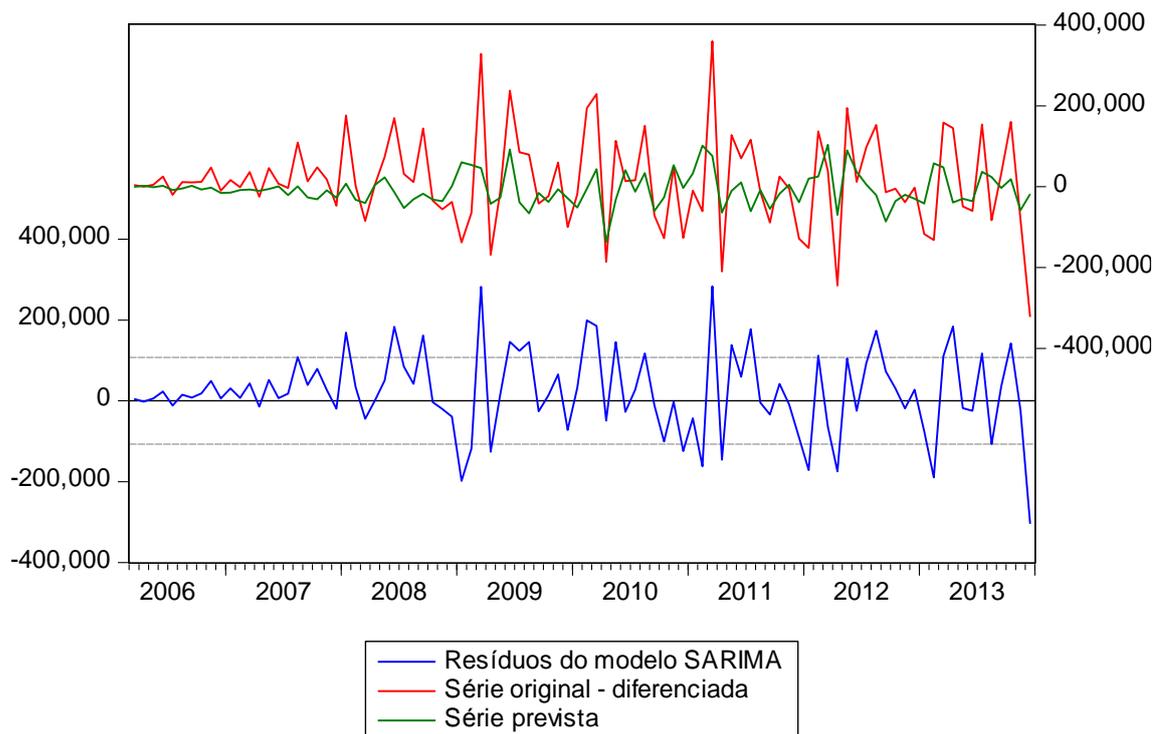


Figura 4: Resíduos, Série Original (diferenciada) e Série ajustada ao SARIMA (1,1,1) (1,0,0)₁₂

Os valores previstos através do modelo SARIMA(1,1,1) (0,0,0)₁₂ estão expressos na Figura 5, onde também é apresentado os intervalos de confiança, é possível verificar visualmente que o modelo escolhido se ajusta bem a série em estudo.

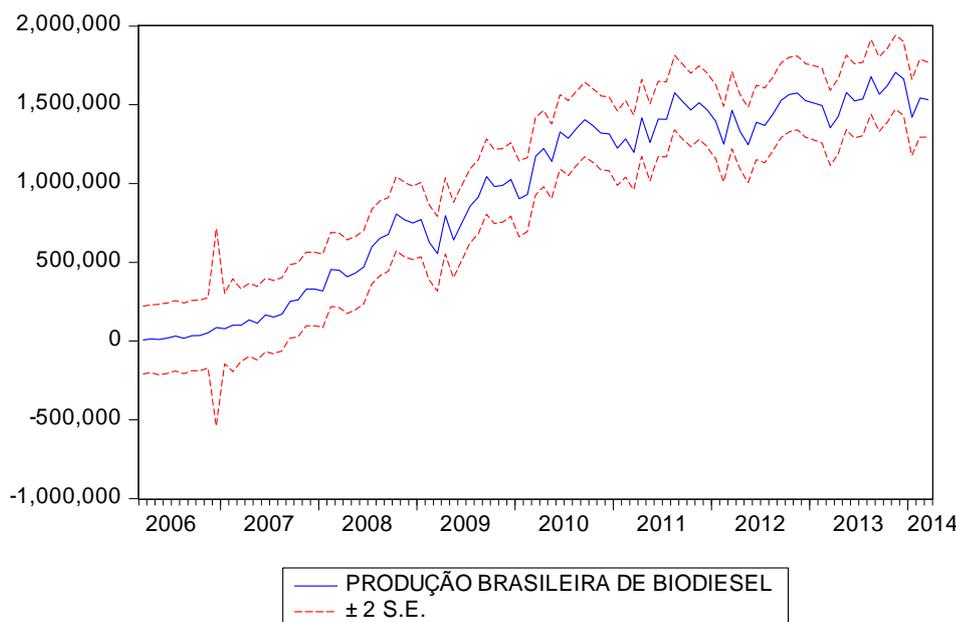


Figura 5: Previsão da Produção Brasileira de Biodiesel

Devido a performance do modelo estimado, os valores previstos para a Produção de Biodiesel no Brasil apresentam-se dentro dos intervalos de previsão de mais ou menos dois desvios padrão.

CONCLUSÕES

O Biodiesel é um produto que encontra cada vez mais espaço no mercado brasileiro, tanto pela sua eficácia quanto pela viabilidade econômica e sustentabilidade. Ao desenvolver o estudo da série de Produção Nacional de Biodiesel foi possível verificar a tendência de crescimento que o produto apresenta no mercado. Durante o período de janeiro de 2006 e dezembro de 2013 pode-se observar o crescimento da produção, por isso o objetivo do estudo foi verificar, através da metodologia Box Jenkins as previsões dessa produção para os próximos períodos. Com base nos resultados obtidos, o modelo que mais se adequa a série foi o SARIMA(1,1,1) (0,0,0)₁₂.

Este modelo tem potencial de auxiliar na obtenção das previsões de produção para os próximos períodos. Usar essa previsão pode ser uma forma de reduzir os riscos na tomada de decisão do setor de biocombustíveis. Ou seja, quanto maior a precisão das decisões tomadas durante o processo de operação, maiores as chances de atrair mais investimentos. Então, de posse do conhecimento em relação ao comportamento da série, medidas gerenciais poderão ser tomadas com base no estudo realizado e aplicado nos setores envolvidos da sua produção.

A metodologia Box e Jenkins é bastante utilizada por ser confiável e conseguir estabelecer previsões com erro reduzido. Por isso, espera-se que as previsões encontradas neste trabalho auxiliem interessados nos setores envolvidos, pois este produto mostra-se com grande potencial de crescimento.

Testar a aplicação de outros métodos de previsão ou outros softwares para analisar a série trabalhada pode ser uma boa alternativa para a confirmação da confiabilidade e ou comprovação da importância de uma avaliação da metodologia utilizada. Cada série possui suas específicas

características e por isso, deve ser verificado o método mais adequado para obter as previsões. Por isso, sempre sugere-se o estudo de novas alternativas de provisão para uma mesma série.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=8739>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

BIODIESELBR. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

BOX, G.E.; JENKINS, G.M.; REINSEL, G.C. Time series analysis: Forecasting and control. 3 ed. New Jersey: Printice Hall, 1994.

COSTA NETO, Pedro R. et al . Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Quím. Nova, São Paulo , v. 23, n. 4, ago. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422000000400017&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 jul. 2014.

DIAS, Guilherme Leite da Silva. Um desafio novo: o biodiesel. Estud. av., São Paulo , v. 21, n. 59, abr. 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 07 jul. 2014.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI Clélia M.. Métodos quantitativos: séries temporais. São Paulo: Atual, 1986.

MORETTIN, Pedro A.. Econometria financeira: um curso de séries temporais financeiras. São Paulo: Blucher, 2008.

PAULILLO, Luiz Fernando et al . Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis?. Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília , v. 45, n. 3, set. 2007 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032007000300001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 jul. 2014.

PETROBRAS, PRODUÇÃO DE BIOCMBUSTÍVEIS. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/producao-de-biocombustiveis/>>. Acesso em: 24 jun. 2014.

SUAREZ, Paulo A. Z.; MENEGHETTI, Simoni M. P.; FERREIRA, Vitor F.. O biodiesel e a política de C & T brasileira. Quím. Nova, São Paulo , v. 29, n. 6, dez. 2006 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000600001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 jul. 2014.

VICINI, L. e SOUZA, A. M.. Geração de subsídios para a tomada de decisão na cadeia produtiva da bovinocultura do Brasil. Gestão de Produção, Operações e Sistemas, 4, 49-64. 2007.