

Análise do volume do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias usando modelos de séries temporais

Analysis of reservoir volume at the Três Marias hydroelectric plant using time series models

DOI:10.34117/bjdv8n4-404

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Charles Shalimar Felipe da Silva

Doutorado

Instituição: Escola Preparatória de Cadetes do Ar - EPCAR

Endereço: Rua José Antônio Franco 54/402, Centro, Barbacena-MG

CEP: 36.200-007

E-mail: charlesfsilva@yahoo.com.br

Paulo César Moraes Ribeiro

Doutorado

Instituição: Escola Preparatória de Cadetes do Ar - EPCAR;

Endereço: Rua Presidente Kennedy 394/302, Centro, Barbacena-MG

CEP: 36.200-042

E-mail: pcmribeiro14@gmail.com

Ricardo Vitor Ribeiro dos Santos

Doutorado

Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG

Endereço: Avenida Monsenhor Luiz de Gonzaga 103, Centro, Nepomuceno-MG

CEP: 37.250-000

E-mail: ricardoribeiro@cefetmg.br

RESUMO

A aplicação da metodologia de Box e Jenkins de séries temporais na análise do volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias conseguiu descrever adequadamente o comportamento da série em estudo, por meio de um modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂, visto que este reproduziu, de modo eficiente, a sazonalidade presente nas observações. O modelo prevê que, para os próximos meses, o volume continuará oscilando em torno de valores percentuais abaixo de 25 por cento do total.

Palavras-chave: séries temporais, análise, volume útil, sarima, predição.

ABSTRACT

The application of Box and Jenkins time series methodology in the analysis of the useful reservoir volume at the Três Marias hydroelectric power plant was able to adequately describe the behavior of the series under study by means of a SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂ model, as it efficiently reproduced the seasonality present in the observations. The model predicts that, for the coming months, the volume will continue to oscillate around percentage values below 25 percent of the total.

Keywords: time series, analysis, useful volume, sarima, prediction.

1 INTRODUÇÃO

O setor da energia elétrica é de fundamental importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país. No Brasil, ações governamentais que ditam a política estratégica para o setor apontam para uma diversificação cada vez maior do uso de fontes geradoras de energia. Apesar disso, a energia hidráulica ainda responde por cerca de 65% da matriz elétrica nacional (Ministério de Minas e Energia, 2016).

Nesse cenário, um monitoramento constante dos níveis dos reservatórios que compõem o sistema hidrelétrico brasileiro é de interesse primordial, com vistas a subsidiar a tomada de decisões que abrangem forte impacto social, ambiental e econômico (volume de água liberado pelas comportas da usina, permissão para pesca, etc.), como demonstram os últimos meses em que o país passou a sofrer com os efeitos de uma estiagem mais prolongada que o usual em várias regiões.

Assim, esse trabalho se propôs a estudar e descrever o comportamento das observações concernentes aos níveis de água do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias, em Minas Gerais, por meio de um modelo estocástico. E usar este para fazer previsões que auxiliem as autoridades competentes quanto à tomada de decisões.

As observações obtidas ao longo do tempo sugerem uma análise cujos erros têm autocorrelação (observações mais próximas tendem a ser mais semelhantes entre si do que observações mais distantes). A metodologia de Box e Jenkins (1976) se mostra apropriada para lidar com tal situação. Assim, foi descrito o comportamento da série de observações por meio do seu modelo de decomposição, verificando-se a presença das componentes de tendência e/ou sazonalidade, e a existência de alguma intervenção. Tal modelo foi utilizado para fazer previsões dos níveis de volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias, referentes aos meses de janeiro de 2016 a agosto do mesmo ano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A série sob exame consta de 192 observações mensais referentes aos níveis de volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias (em percentuais do total), abrangendo o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2015. Esses dados foram elaborados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (ONS, 2016).

Inicialmente, recorreu-se ao gráfico da amplitude versus a média, com o objetivo de verificar se era necessário aplicar transformação logarítmica nos dados a fim de tornar aditivo o modelo e constante a variância.

Para verificar a existência de tendência e sazonalidade na série investigou-se o gráfico de autocorrelação dos dados (FAC), cujo decaimento lento em direção a zero indica presença de tendência enquanto que ondulações senoidais sinalizam que há sazonalidade.

O teste do sinal (Cox-Stuart) foi usado para confirmar a significância da componente tendência. Para averiguar a presença da componente sazonal aplicou-se o teste de Fisher, que utiliza as informações do periodograma para aferir a periodicidade da série.

Tendo sido constatada a presença dessa última componente, buscou-se sua remoção mediante diferença de sazonalidade. Então, foram ajustados modelos da classe SARIMA, com o auxílio dos gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial (FACP).

O teste de Box-Pierce foi feito para verificar a adequação dos modelos, ou seja, se esses modelos apresentavam resíduos independente e identicamente distribuídos (ruído branco).

Os modelos considerados adequados foram comparados por meio do critério de AKAIKE (AIC). Segundo esse critério, quanto menor o valor para o AIC, melhor o modelo.

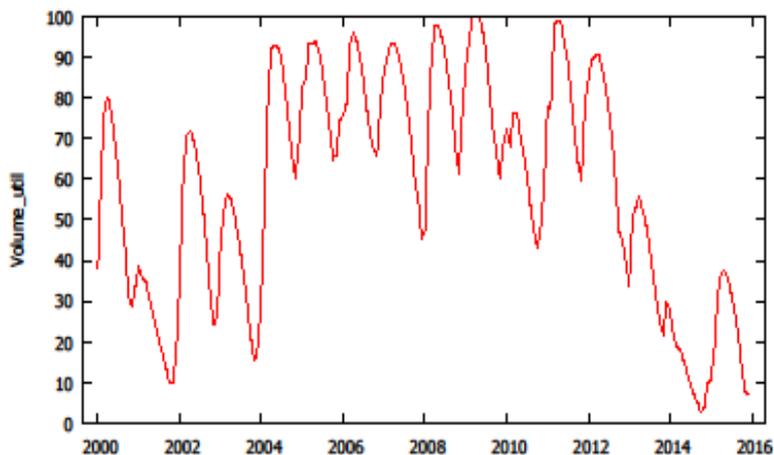
O modelo ajustado e escolhido de acordo com as etapas anteriores pode ser utilizado para fazer previsões futuras, as quais são definidas como a esperança condicional de Z_{t+h} , dados todos os valores passados. Todos os métodos mencionados anteriormente são apresentados em Morettin e Tolo (2006).

É importante ressaltar que todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Gretl (2016), do software R (R Development Core Team, 2015) e do BOffice Calc (2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

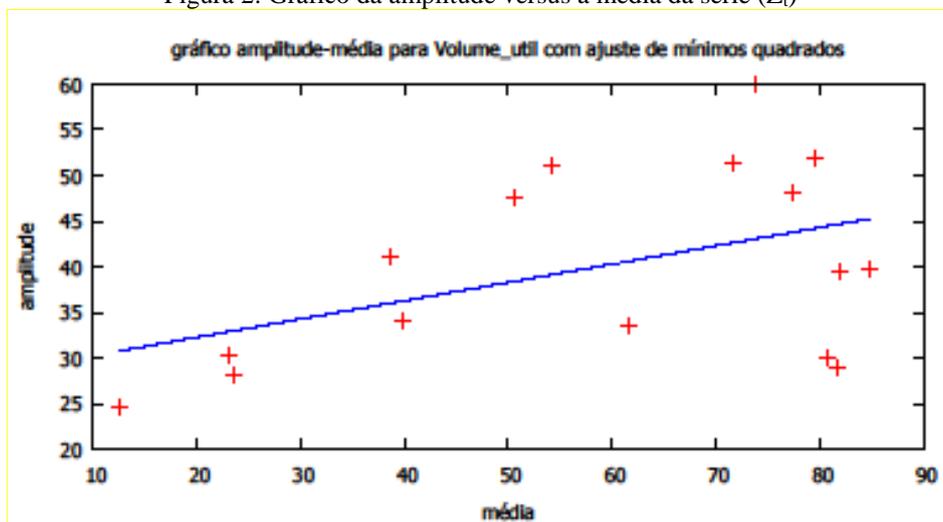
O gráfico da Figura 1 mostra o comportamento dos níveis de volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias. Nele podem ser vistas diversas ondulações com certa regularidade, indicando a presença de sazonalidade na série.

Figura 1: Gráfico da série mensal do volume útil do reservatório de Três Marias em Minas Gerais (Z_t) a partir de janeiro de 2000



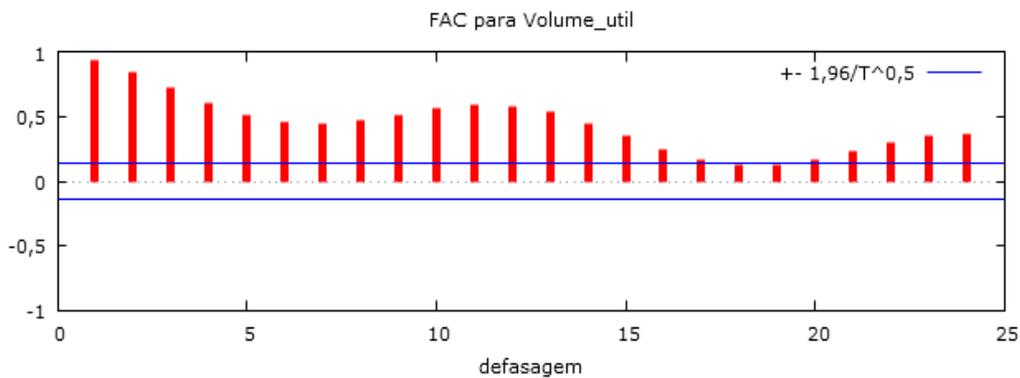
O gráfico da Figura 2 indica que a amplitude independe da média. Essa conclusão é corroborada pelo teste t. Pelo valor p resultante desse teste, 0,07, não há necessidade de transformação dos dados originais para tornar o modelo aditivo (efeito sazonal aditivo) e estabilizar a variância.

Figura 2: Gráfico da amplitude versus a média da série (Z_t)



Após inspeção visual da FAC no correlograma (Figura 3) utilizou-se o teste de Cox-Stuart, para verificação da presença de tendência. Segundo o referido teste, não existe tendência na série.

Figura 3: Função de autocorrelação da série (Z_t)

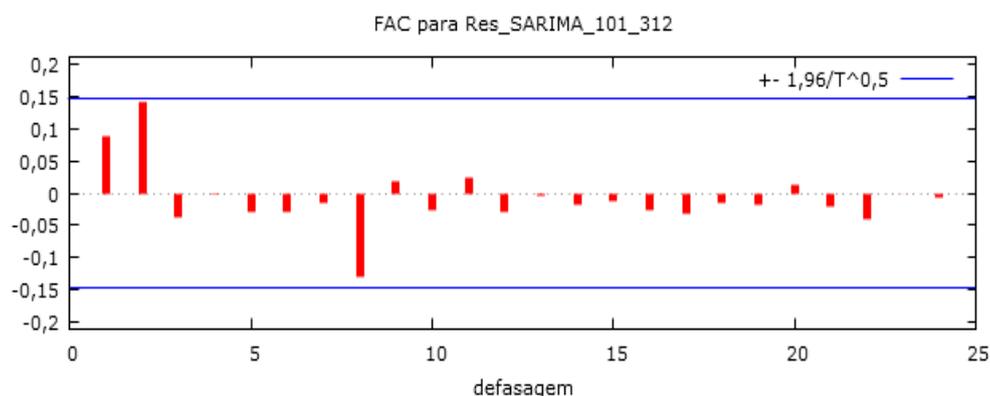


Foi realizado o teste de Fisher para sazonalidade. Por esse teste rejeitou-se a hipótese H_0 de não-existência de sazonalidade e uma diferença de sazonalidade foi aplicada à série diferenciada para remover a componente sazonal.

Procedeu-se, então, ao ajuste de modelos, dentre os quais o escolhido foi o SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂ por ter este o menor (melhor) valor relativo ao critério de AKAIKE, com valor de 1116,29. O teste de Box e Pierce foi realizado para comprovar estatisticamente que os resíduos são independente e identicamente distribuídos (Figura 4). Com base nas estimativas feitas, o modelo tem a forma:

$$(1-0,989B)(1-0,259B^{12}+0,146B^{24}+0,438B^{36})Z_t = (1-0,323B)(1+1,371B^{12}-0,687B^{24})a_t.$$

Figura 4: Função de autocorrelação dos resíduos do modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂



Foi feita uma análise de intervenção no mês de novembro de 2003 e no mês de abril de 2012, em virtude de imediatamente antecederem valores aparentemente atípicos dentro da série. Essa análise, no entanto, resultou em valores não significativos de tais eventos.

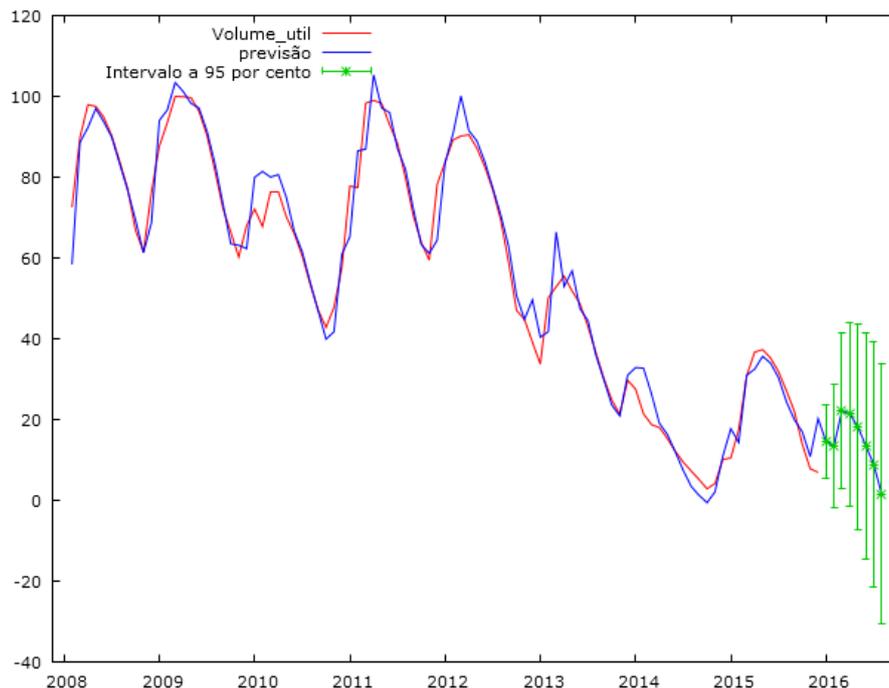
Com base no modelo ajustado escolhido foram feitas previsões para o volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias para os meses de janeiro a agosto de 2016, cujas estimativas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Valores previstos para o volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias para os meses de janeiro a agosto de 2016 pelo modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Previsões	14,55	13,56	22,20	21,40	18,18	13,59	8,88	1,64

Na Figura 5, tem-se uma comparação entre os valores observados e os estimados, no decorrer do tempo, pelo modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂. Também pode ser visto o comportamento previsto da série para as observações futuras. No canto direito do gráfico são vistas as barras delimitadoras do intervalo de confiança, com nível de 95%, para os valores previstos.

Figura 5: Valores observados e estimados ao longo do tempo, juntamente com a previsão para valores futuros pelo modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂



4 CONCLUSÕES

Os modelos de séries temporais de Box e Jenkins foram adequados para descrever o comportamento da série em estudo, visto que conseguiram reproduzir a sazonalidade presente na mesma de modo eficiente.

Dentre os modelos ajustados, o modelo SARIMA(1,0,1)(3,1,2)₁₂ se apresentou como o mais adequado.

O modelo prevê que, para os próximos meses, o volume útil do reservatório da usina hidrelétrica de Três Marias, em Minas Gerais, deverá continuar oscilando em torno de valores percentuais abaixo de 25 por cento do volume total.

REFERÊNCIAS

- [1] BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976, 575p.
- [2] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2015: ano base 2014**. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf. Acesso em: 25 de janeiro de 2016.
- [3] BrOffice: The Document Foundation. Disponível em: <http://www.libreoffice.org/>. Acesso em: 08 de dezembro de 2014.
- [4] Gretl – Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library Software. Versão 2015d. Disponível em: <http://gretl.sourceforge.net/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2016.
- [5] MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. **Análise de séries temporais**. 2.ed. São Paulo: E. Blucher. 538p, 2006.
- [6] ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <http://www.ons.org.br/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2016.
- [7] R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Versão 3.2.2. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 24 de novembro de 2015.