

Área: Estratégia | **Tema:** Estratégia na Gestão Pública

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO ARIMA: ESTUDO EM UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE
ENSINO SUPERIOR**

ANALYSIS OF THE ARIMA MODEL APPLICATION: STUDY IN A PUBLIC UNIVERSITY

Luiza Da Silva, Jaiser Tapia e Denis Rabenschlag

RESUMO

O planejamento dos estoques é uma tarefa desafiadora tanto para uma iniciativa privada quanto para gestores do setor público. Visando melhor qualidade do gasto público e transparência, os gestores públicos vêm adotando técnicas científicas em substituição a práticas empíricas. Nesse sentido, o presente estudo buscou analisar e aplicar o método ARIMA na previsão de demanda interna (consumo) a partir de dados históricos, juntamente ao Almoxarifado de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Especificamente, contextualizou-se os procedimentos adotados pela instituição, determinou-se quais produtos deveriam ser estudados e dados históricos de consumo foram levantados. Assim, a partir de uma pesquisa exploratório-descritiva de estudo de caso, elaborou-se uma previsão da demanda por meio do Método ARIMA e Box-Jenkins. O modelo ARIMA (0, 1, 2) foi o melhor possível para a série segundo os critérios de AIC e BIC e análise dos resíduos. Desta forma, verificou-se que o modelo encontrado pode ser usado, mas necessita de atenção quanto a sua acuracidade.

Palavras-Chave: previsão da demanda; ARIMA; Box-Jenkins; setor público

ABSTRACT

Stocks planning is a challenging task for managers of both private and public sectors. In order to provide a better quality of public spending and transparency, public managers have been adopting scientific techniques instead of empirical practices. In this sense, the present study sought to analyze and apply the ARIMA method in the forecast of internal demand (consumption) from historical data in to Warehouse of a Federal Institution of Higher Education. Specifically, it was contextualized the procedures adopted by the institution, determined which products should be studied and historical consumption data were collected. Thus, based on an exploratory-descriptive case study, a demand forecast was elaborated using the ARIMA and Box-Jenkins Methods. The ARIMA(0,1,2) model was the best possible for a series, according to the AIC and BIC criteria and residue analysis. Therefore, was verified that the model found can be used, but needs attention as to its accuracy.

Keywords: forecasting; ARIMA; Box-Jenkins; public sectors

Eixo temático: Estratégia e Inovação

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MODELO ARIMA: ESTUDO EM UMA
INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR**

**ANALYSIS OF THE ARIMA MODEL APPLICATION: STUDY IN A PUBLIC
UNIVERSITY**

RESUMO

O planejamento dos estoques é uma tarefa desafiadora tanto para uma iniciativa privada quanto para gestores do setor público. Visando melhor qualidade do gasto público e transparência, os gestores públicos vêm adotando técnicas científicas em substituição a práticas empíricas. Nesse sentido, o presente estudo buscou analisar e aplicar o método ARIMA na previsão de demanda interna (consumo) a partir de dados históricos, juntamente ao Almoxarifado de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Especificamente, contextualizou-se os procedimentos adotados pela instituição, determinou-se quais produtos deveriam ser estudados e dados históricos de consumo foram levantados. Assim, a partir de uma pesquisa exploratório-descritiva de estudo de caso, elaborou-se uma previsão da demanda por meio do Método ARIMA e Box-Jenkins. O modelo ARIMA (0, 1, 2) foi o melhor possível para a série segundo os critérios de AIC e BIC e análise dos resíduos. Desta forma, verificou-se que o modelo encontrado pode ser usado, mas necessita de atenção quanto a sua acuracidade.

Palavras-chave: previsão da demanda; ARIMA; Box-Jenkins; setor público.

ABSTRACT

Stocks planning is a challenging task for managers of both private and public sectors. In order to provide a better quality of public spending and transparency, public managers have been adopting scientific techniques instead of empirical practices. In this sense, the present study sought to analyze and apply the ARIMA method in the forecast of internal demand (consumption) from historical data in to Warehouse of a Federal Institution of Higher Education. Specifically, it was contextualized the procedures adopted by the institution, determined which products should be studied and historical consumption data were collected. Thus, based on an exploratory-descriptive case study, a demand forecast was elaborated using the ARIMA and Box-Jenkins Methods. The ARIMA(0,1,2) model was the best possible for a series, according to the AIC and BIC criteria and residue analysis. Therefore, was verified that the model found can be used, but needs attention as to its accuracy.

Keywords: forecasting; ARIMA; Box-Jenkins; public sectors.

1 INTRODUÇÃO

Tanto para os gestores do setor público quanto os do privado a manutenção dos estoques em níveis adequados é uma tarefa desafiadora. Desta forma, os gestores devem adotar técnicas e métodos adequados para a tomada de decisão, visando à qualidade do gasto, no caso em estudo, gasto público. Nas Instituições Federais a gestão de estoques é realizada pelo almoxarifado, cabendo ao gestor deste equalizar a demanda e a capacidade de apoio operacional. De modo, que os estoques devem ser mantidos nem em níveis suficientemente baixos, sem comprometer a capacidade de suprir a demanda e nem tão elevados, que possam representar o desperdício do gasto público.

Historicamente a abordagem de previsão de demanda para manutenção de estoques consiste em selecionar o método de previsão que possa ser usado com a finalidade de gestão. Dentre os diversos métodos existentes, o método ARIMA (Auto Regressivo Integrado de Médias Móveis) é um dos mais populares modelos de análise de previsão para séries temporais e tem sido utilizado extensivamente por pesquisadores e profissionais da área de gestão. (BABAI ET al, 2013; RAMOS; SANTOS; REBELO, 2015; SEN; ROY; PAL, 2016).

Alguns exemplos podem ser encontrados em Valipour, Banihabid e Behbahani (2013), comparam o resultado da utilização dos métodos ARMA, ARIMA e Redes Neurais na previsão dos níveis de barragens; Kinbuja et al. (2014) se vale do modelo SARIMA em seu estudo sobre previsão de chuvas; Scheffer, Souza e Zanini (2014) tratam especificamente da previsão da arrecadação do ICMS no estado do Rio Grande do Sul; Ramos, Santos e Rebelo (2015), estudam o comportamento dos consumidores, empregando o Método ARIMA; Sen, Roy e Pal (2016) abordam os métodos de previsão para estudar o consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa; e, Noronha, Souza e Zanini (2016) utilizam a metodologia Box-Jenkins para a modelagem da emissão de certificados ISO 14001 no Brasil.

Dado o exposto, buscou-se a resposta para a seguinte questão problema: Qual é o resultado da aplicação do método ARIMA para prever a demanda interna (consumo) no Almoxarifado de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES)? Na busca da resposta do problema proposto definiu-se como objetivo geral a análise da previsão de demanda através do método quantitativo ARIMA no Almoxarifado desta IFES. Especificamente, objetivou-se: a) contextualizar o estado atual da previsão da demanda no Almoxarifado Central desta IFES; b) verificar quais produtos deveriam ser incluídos para análise e previsão; c) levantar o histórico de demanda e organizar as séries temporais; d) aplicar o método ARIMA e analisar a previsão obtida.

Alem deste tópico de introdução, o presente artigo esta estruturado da seguinte forma: revisão de literatura, onde são apresentados os referenciais bibliográficos e a teoria de referência para o estudo, aspectos metodológicos, que trata da caracterização da pesquisa e dos procedimentos adotados, resultados e discussões, onde apresentam-se os resultados e as análises e, conclusão, onde são apresentadas as limitações, recomendações de estudo e considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Previsão de demanda com séries temporais

Independente do ramo de atividade, as instituições públicas ou privadas, mesmo que minimamente, mantém em seu poder materiais indispensáveis ao seu funcionamento, que se refletem em seus estoques, sejam estes de materiais de consumo ou de matérias-primas.

Conforme Slack et al. (2013) o gerenciamento dos estoques determina o equilíbrio entre a demanda e a capacidade de atendimento a esta. Assim, valer-se de métodos de previsão de

demanda possibilita aos gestores a antecipação do futuro, de modo que estes possam planejar as ações de maneira adequada (TUBINO, 2009).

Stekler (2007), Tubino (2009) e Correa e Correa (2013) explicam que no processo de previsão é necessário levar em consideração todos os aspectos como a precisão da metodologia, métodos qualitativos, grandeza dos erros e problemas com os dados. No que tange aos erros, Tubino (2009) enfatiza que quanto mais acurada a técnica de previsão de demanda, melhor será a base de decisão do gestor. Além disso, quanto maior o tempo a ser previsto, menor é o grau de acuracidade dos resultados (STEKLER, 2007; TUBINO, 2009; CORREA; CORREA, 2013).

Tubino (2009) aborda as séries temporais ao analisar os métodos de previsão da demanda. O autor afirma que as séries temporais “procuram modelar matematicamente a demanda futura relacionando os dados históricos do próprio produto com o tempo”. Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009) acrescentam que elas são abordagens estatísticas baseadas nos dados históricos, com a finalidade de encontrar o padrão da demanda. Deste modo, elas partem do pressuposto que a demanda futura será uma projeção do comportamento anteriormente obtido (TUBINO, 2009; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; CORREA; CORREA, 2013).

2.2 Compras governamentais

Dada a escassez de referenciais sobre o tema aqui tratado - previsão de demanda em órgãos públicos – faz-se necessário o entendimento e contextualização dos processos de compras por estes órgãos conforme a legislação brasileira.

Indiscutivelmente, o marco regulatório que rege o sistema de compras no âmbito da administração pública é a Lei Nº 8.666/93. Esta lei tem por objetivo otimizar e sistematizar os procedimentos no âmbito da administração pública federal, estadual e municipal, estabelecendo normas sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços e compras. A ela também se subordinam as autarquias, nas quais se incluem as universidades federais.

Com o surgimento de novas demandas, mais recentemente, entrou em vigor a Decreto de Lei Nº 7.892/13 com o intuito de regulamentar o sistema de registro de preço previsto pela Lei Nº 8.666/93 (art. 15). Como a instituição do sistema do registro de preços o gestor público obteve vantagem na aquisição de materiais, visto que através deste sistema a administração pública tem a possibilidade de orçar todos os produtos necessários pelo menor preço sem a obrigação de adquiri-los imediatamente ou no período normalmente de um ano. Em outras palavras, através deste sistema ficou flexibilizada a possibilidade de compra parcial ou integral permitindo ao gestor efetivar a compra somente a partir de suas necessidades. O viés desse método é que o trâmite burocrático entre efetuar a compra e receber o material, considerando os prazos estipulados pela lei, pode ultrapassar 45 dias. Tendo em vista este lapso temporal, torna-se necessária a manutenção de um estoque mínimo.

Em consonância com a legislação supracitada, encontra-se em vigor a Lei Nº 10.512/02 que institui a modalidade de licitação denominada pregão, para a aquisição de bens e serviços comuns. Tendo em vista o disposto na lei, anteriormente mencionada, o pregão na forma eletrônica é regulamentado pelo Decreto Federal Nº 5.450/05, no qual, através do art. 4º consta que esta modalidade de pregão, na forma eletrônica, será preferencialmente utilizado em licitações para a aquisição de bens e serviços comuns, sendo que estes procedimentos são realizados através do portal Compras Governamentais (<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/>).

Embora o legislador tenha tido o cuidado em elaborar instruções legais quanto aos procedimentos adotados para compras, estas ainda carecem de posicionamentos estratégicos que permitam a utilização efetiva dos recursos públicos. Para o caso estudado, percebe-se a

ausência de parâmetros que possam servir de norteadores no ajuste das necessidades de consumo e possibilidades de compras, ou seja, a previsão de demanda.

2.3 Metodologia Box-Jenkins para séries temporais

Segundo Morettin e Toloi (2004) a metodologia de Box e Jenkins (1970) “consiste em ajustar modelos auto-regressivos integrados a medias moveis – $ARIMA(p, d, q)$ – a um conjunto de dados”. Este conjunto de dados constitui a base para a construção do modelo mais adequado. Conforme Werner e Ribeiro (2003), estes modelos matemáticos abordam o comportamento da autocorrelacao entre os valores da série temporal e, a partir disso, possibilitam realizar previsões, principalmente para curto prazo.

A construção de um modelo ARIMA baseado na metodologia Box-Jenkins obedece a um ciclo iterativo, em que as componentes do modelo inicialmente são escolhidas baseando se nos próprios dados e, posteriormente sofrem ajustes ate se obter o melhor modelo.

Conforme Morettin e Toloi (2004) este ciclo iterativo e composto por quatro etapas: identificação, estimação, verificação e previsão. A etapa de identificação consiste em verificar qual modelo descreve o comportamento da serie, valendo-se da interpretação dos correlogramas das funções de autocorrelacao (FAC) e das funções de autocorrelacao parciais (FACP). Na etapa de estimação realiza-se a estimativa dos parâmetros do componente autoregressivo, do componente de medias moveis e da variância. Já a etapa de verificação consiste em analisar se o modelo escolhido descreve adequadamente o comportamento da serie, por meio da análise dos resíduos. E, por fim, a etapa de previsão representa o objetivo principal, realizada apenas se as etapas anteriores forem satisfatórias. Assim, sempre que o modelo não se mostrar adequado, as etapas devem ser repetidas.

Os modelos de previsão auto-regressivos comumente utilizados baseiam-se nas características de linearidade da série temporal e estacionariedade. De acordo com Gujarati (2000), uma série temporal é estacionária se “suas medias e variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos depender da defasagem entre dois períodos e não do período de tempo efetivo”. Do contrario, a série e definida como sendo uma série temporal nao-estacionária. Na literatura podem ser são encontrados diversos métodos para teste de estacionariedade de séries temporais, sendo que o resultado da análise e fundamental para a adequada realização das demais etapas do estudo, tendo em vista o método adotado (ARIMA). Assim, no presente estudo utiliza-se o teste da raiz unitária desenvolvido por Kwiatkowski et al. (1992), conhecido por teste KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, anacrônico dos nomes dos autores) testa a hipótese nula de estacionariedade contra a hipótese alternativa, da seguinte forma:

H_0 : Z_n e estacionária

H_1 : Z_n e não estacionária

Logo, os valores encontrados a partir do teste de KPSS devem ser confrontados com os valores críticos para comprovação das hipóteses. Em seu estudo, Kwiatkowski et al. (1992) apresentam uma tabela com os valores críticos. Estes valores normalmente são apresentados pelos softwares de análise juntamente com o resultado do calculo do indicador KPSS, o que permite agilidade na interpretação dos resultados.

O modelo ARIMA originou-se a partir dos modelos de auto-regressao (AR) e das medias moveis (MA) e da combinação entre AR e MA (modelo ARMA), (GUJARATI, 2000; MORETTIN; TOLLOI, 2004; EDIGER; AKAR, 2007). Além disso, o modelo utiliza apenas dados históricos de séries temporais com o intuito de expressar como as séries reagem de acordo com a variação estocástica anterior (BABAI et al, 2013).

Dado o exposto, se para análise de uma série temporal for necessária a sua diferenciação d vezes para torná-la estacionaria, diz-se que esta série temporal e ARIMA (Auto Regressiva Integrada de Média Móvel). Assim, será representada por $ARIMA(p,d,q)$,

onde p indica o numero de termos auto-regressivos, d o numero de vezes que a série deve ser diferenciada para se tornar estacionária e, q indica o numero de termos de média móvel (GUJARATI, 2000). As estruturas dos modelos podem ser representadas pelas equações a seguir.

$$\begin{array}{ll} \text{AR} & Z_t = \mu + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \\ \text{MA} & Z_t = \mu - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} + a_t \\ \text{ARMA} & Z_t = \mu + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} + a_t \\ \text{ARIMA} & \Delta^d Z_t = \mu + \phi_1 \Delta^d Z_{t-1} + \dots + \phi_p \Delta^d Z_{t-p} - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} + a_t \end{array}$$

Na etapa de verificação, é realizada a análise dos resíduos, sendo os resíduos a diferença entre a série em original e a série ajustada, também conhecido como erro aleatório. Estes não devem ser autocorrelacionados, devem possuir média zero e variância constante. Uma vez que os resíduos não apresentem estas características, o ciclo iterativo deve ser iniciado novamente. Ademais, nesta etapa do ciclo, a análise do modelo consiste em verificar os menores valores para os critérios AIC e BIC (*Akaike Information Criterion* e *Bayesian Information Criterion*, respectivamente), tendo em vista que, estes critérios tem por objetivo indicar o modelo mais parcimonioso, isto é, com menor numero de parâmetros, uma vez que são construídos com base na variância estimada (σ) e no tamanho da amostra (n). O modelo que apresentar o menor valor de AIC e BIC será o que melhor se ajustara aos dados (LIMA JUNIOR et al, 2013).

Os valores para os critérios AIC e BIC são obtidos através das seguintes fórmulas:

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

Apos o ajuste do modelo mais adequado a serie, avalia-se as previsões obtidas quanto a sua acuracidade por meio do valor do *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), na qual, segundo Klidzio (2009), melhores serão as previsões fornecidas pelo modelo proposto quanto menor for o valor do MAPE, obtido pela seguinte formula:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{z_i - \hat{z}_i}{z_i} \right| * 100$$

3 METODOLOGIA

No presente trabalho foi utilizado o método ARIMA para elaborar e analisar a previsão de demanda aplicada ao Almoxarifado Central de uma Instituição Federal de Ensino Superior. Quanto à utilização do modelo ARIMA este foi escolhido para estimar a demanda tendo em vista a sua versatilidade para a análise de dados de séries temporais.

Metodologicamente, o estudo está classificado como um estudo de caso de natureza aplicada, cuja abordagem de pesquisa combina aspectos qualitativos e quantitativos e, quanto ao atendimento dos objetivos caracteriza-se como uma pesquisa exploratório-descritiva (GIL, 2010; FONSECA, 2002; LAKATOS; MARCONI, 2007; CRESWELL, 2010).

Referente a execução da pesquisa, esta pode ser subdividida em três etapas em consonância com os objetivos propostos. Na primeira etapa buscou caracterizar o estado atual dos procedimentos de previsão de demanda adotados pela instituição. Nesta etapa, juntamente com o gestor do almoxarifado foram definidos os produtos de interesse: aqueles cuja previsão de demanda deveria ser realizada.

Em um segundo momento levantou-se os dados referentes ao histórico de demanda. Estes dados foram fornecidos pelo gestor do almoxarifado e sua amplitude foi de seis anos, a

partir do ano de 2010. De posse dos dados, procedeu-se a organização das séries temporais para os itens selecionados para elaboração da previsão da demanda. Quanto a esta etapa de organização dos dados, estes foram tabulados em planilhas eletrônicas com vistas a serem utilizados no software de análise de séries temporais. O software utilizado para análise das séries temporais foi o Eviews® (*Student Version*).

A terceira etapa consistiu na utilização do Eviews® para geração da previsão da demanda valendo-se do método ARIMA e posterior análise da previsão da demanda obtida. A análise dos modelos para identificação do melhor modelo seguiu os critérios de Akaike (AIC – *Akaike Information Criterion*) e Bayesian (BIC – *Bayesian Information Criterion*), sob a premissa de que a combinação que apresentar os menores valores de AIC e BIC, será escolhido como melhor modelo que se ajusta a série de dados (LIMA JUNIOR, 2013).

Quanto a execução dos testes dos parâmetros para o modelo ARIMA(p, d, q) utilizou-se os procedimentos sugeridos pelo método Box-Jenkins, referenciado por Morettin & Toloi (2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Almoxarifado Central desta IFES tem por objetivo disponibilizar o fornecimento de materiais de consumo necessários para o andamento das atividades letivas e administrativas, atendendo a cerca de 180 unidades administrativas (cursos, setores, departamentos, etc.). Conforme levantado junto a Direção do Almoxarifado Central, através de entrevista, atualmente não é utilizado nenhum método científico de previsão de demandas internas - consumo dos materiais. Ressalta o gestor que o sistema de informação utilizado pela instituição não é efetivo neste quesito, visto que, não apresenta consultas e geração de gráficos de forma objetiva. Assim, o gestor vale-se apenas de sua experiência profissional desta área para traçar o plano de compras da instituição.

Na seleção de produtos a serem analisados em conjunto com a Direção do Almoxarifado Central, organizou-se uma relação de produtos conforme as seguintes características: alta rotatividade, demanda de espaço físico do estoque do almoxarifado, itens de primeira necessidade, valor anual significativo.

Com base nestas características foram apontados pelo gestor os seguintes itens: papel A4, papel higiênico folha dupla, papel higiênico folha simples, papel higiênico rolo com 300 metros e toalhas de papel. Selecionados os itens, buscou-se obter os dados históricos das demandas internas (consumo) disponíveis no sistema de informação da instituição. No entanto, o único produto que apresentou dados históricos consistentes foi o papel higiênico rolo com 300 metros. Os demais itens, no período estudado de 2010 a 2015, não apresentavam informações uniformes, tendo em vista a mudança de codificação, do tipo de produto ou características específicas.

Com relação ao produto papel higiênico rolo (300m), a Tabela 1 apresenta as quantidades demandas no período, quantificando 72 amostras.

Tabela 1 – Consumo mensal de papel higiênico rolo (300m)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2010	179	25	846	306	415	685	443	905	982	889	1236	521
2011	424	447	812	1017	1703	959	357	0	405	1514	598	0
2012	892	359	1269	569	1306	1017	393	1082	855	1522	2199	1436
2013	909	681	729	862	0	0	0	2040	3309	2085	3161	704
2014	1912	545	2296	2087	2850	2218	2403	2238	2693	2432	3419	534
2015	1081	902	2482	2200	2861	2465	2320	1862	682	400	0	100

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se na Tabela 1, a existência de demandas com valor 0 (zero). Referente ao período de 2013 e importante destacar a ocorrência de greve geral dos servidores desta IFES (docentes e técnicos administrativos). Em conjunto deve-se analisar o período letivo da instituição, que conseqüentemente contribui para a alteração nas demandas, o que pode explicar os baixos números de janeiro e fevereiro (números mais altos neste período podem estar relacionados a extensão do calendário letivo). Outro fator concorrente é a liberação de recursos pelo Governo Federal nos meses que antecedem o final do exercício (outubro e novembro), em que as unidades administrativas já não possuem condição de executar esses recursos com outros produtos (sem registro de preço/ sem licitação), e acabam criando seus próprios estoques numa forma de utilizar o recurso.

De posse dos dados, realizou-se a análise descritiva sobre o consumo anual da série com o propósito de compreender as informações e analisar suas características. As medidas descritivas utilizadas foram média, desvio padrão, limite inferior e superior e coeficiente de variação. Na Tabela 2, nota-se grande variabilidade do consumo nos meses de cada ano, uma vez que, a média do consumo no ano não é representativa, tendo em vista que o coeficiente de variação foi superior a 30%. Além disso, observa-se que a média do ano de 2014 foi muito superior as demais, o que sugere uma investigação para o fato atípico.

Tabela 2 – Medidas descritivas do consumo de papel higiênico rolo (300m)

Ano	Média	Desvio Padrão	Limite Inferior	Limite Superior	Coeficiente de variação
2010	619,33	363,02	-106,71	1345,38	58,62%
2011	686,33	537,82	-389,30	1761,97	78,36%
2012	1074,92	522,55	29,82	2120,01	48,61%
2013	1206,67	1169,22	-1131,77	3545,11	96,90%
2014	2135,58	843,05	449,49	3821,68	39,48%
2015	1446,25	1028,19	-610,13	3502,63	71,09%

Fonte: Elaborado pelo autor

Para identificar os modelos adequados, primeiramente deve-se comprovar a estacionaridade. Para isto, recorreu-se aos correlogramas da FAC e FACP da série original e ao teste da raiz unitária KPSS.

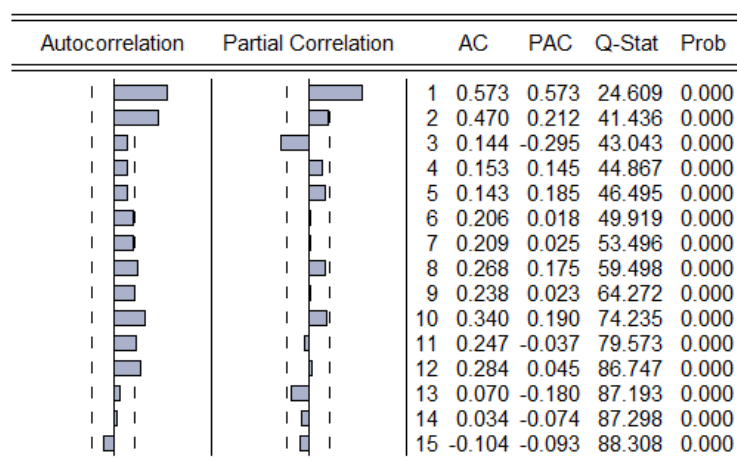


Figura 1 – Correlograma da FAC e FACP do consumo de higiênico rolo (300m)

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se no correlograma da FAC da série original, na Figura 1, que a série se mostra não estacionária, uma vez que apresenta declínio lento para zero e além de voltar a crescer a partir do lag (posição) 6. Através do resultado do Teste KPSS no software, obteve-se o valor

0,0922108, de modo que este não se encontra entre os valores críticos assintóticos dos intervalos de 1%, 5% e 10%. Portanto, foi rejeitada a hipótese nula de que a série é estacionária.

Com base o resultado de não estacionariedade, recorreu-se a diferenciação da série original, com o propósito de a série apresentar oscilação em torno da media, com variância aproximadamente constante, sendo apenas uma vez realizada, o suficiente para estacionarizá-la. Desta maneira, a diferenciação implica na não utilização do modelo ARIMA, sendo este substituído pelo modelo ARIMA (p, d, q), onde d é igual a 1. O gráfico da série em nível (original) e diferenciada pode ser vista na Figura 2.

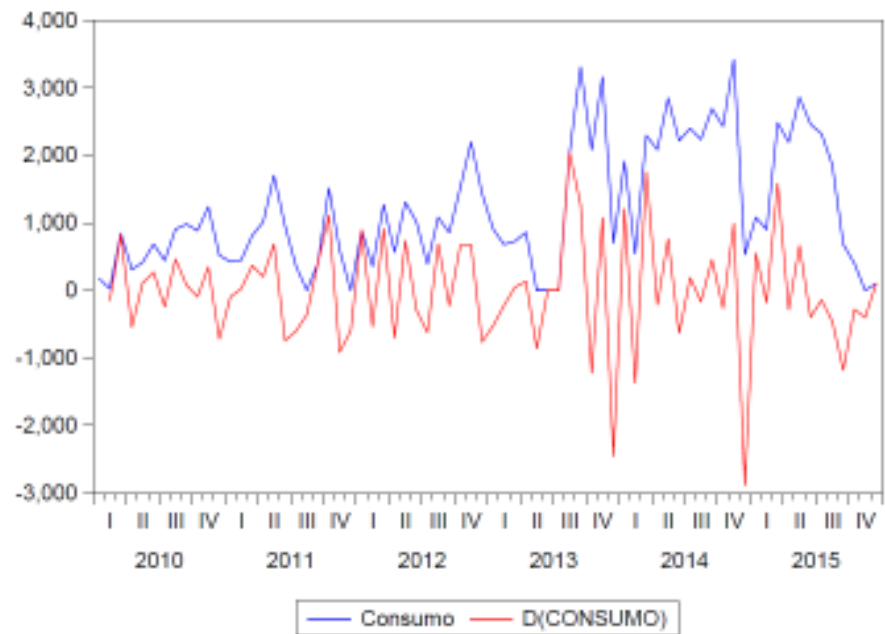


Figura 2 – Série em nível e em primeiras diferenças
 Fonte: Elaborado pelo autor

O resultado do teste KPSS para a primeira diferenciação resultou no valor de 0,126282 comprovando estacionariedade, conforme valores críticos do teste.

Na Figura 3 pode-se conferir o correlograma da FAC e FACP da série em primeiras diferenças. Nela, observa-se que a função de autocorrelacao apresentou valores significativos na primeira e terceira defasagens, e já na função autocorrelacao parcial apresentou-se significativa a primeira defasagem e decaimento das demais.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.438	-0.438	14.227	0.000
		2 0.296	0.129	20.813	0.000
		3 -0.394	-0.282	32.618	0.000
		4 0.075	-0.261	33.050	0.000
		5 -0.089	-0.076	33.670	0.000
		6 0.091	-0.059	34.327	0.000
		7 -0.068	-0.166	34.706	0.000
		8 0.105	-0.015	35.605	0.000
		9 -0.165	-0.170	37.876	0.000
		10 0.220	0.058	41.994	0.000
		11 -0.192	-0.061	45.192	0.000
		12 0.305	0.164	53.366	0.000
		13 -0.179	0.128	56.223	0.000
		14 0.134	0.075	57.857	0.000
		15 -0.156	0.090	60.121	0.000

Figura 3 – Correlograma da FAC e FACP do consumo de papel higiênico rolo (300m) em primeiras diferenças
Fonte: Elaborado pelo autor

Obtida a série estacionária procedeu-se a estimação da ordem do modelo ARIMA(p, d, q), visando encontrar os parâmetros que melhor se ajustassem a série. Conforme evidenciando anteriormente, tem-se o primeiro modelo a ser avaliado, ajustado conforme análise da FAC e FACP, o modelo ARIMA(1, 1, 3).

Dos modelos verificados, foram encontrados cinco modelos concorrentes os quais são significativos (apresentam coeficientes com p -value inferior a 0,05) e possuem resíduos brancos, apresentados na Tabela 3. No modelo ARIMA (1, 1, 3) citado anteriormente, não especifica-se o *lag* (posição), de modo a considerar θ_1 , θ_2 e θ_3 . Tendo em vista a não concordância com as características empregadas para montar a Tabela 3, ele não se encontra na mesma (p -value superior a 0,05).

Tabela 3 – Principais modelos ajustados para o consumo de papel higiênico rolo (300m)

Modelo	Parâmetro	p -value	AIC	BIC
ARIMA (2, 1, 0)	$\phi_1 = -0,3010$ $\phi_3 = -0,3177$	0,0008 0,0025	16,0881	16,1837
ARIMA (0, 1, 2)	$\theta_1 = -0,3644$ $\theta_3 = -0,4763$	0,0002 0,0000	15,9825	16,0781
ARIMA (1, 1, 3)	$\phi_1 = -0,3944$ $\theta_3 = -0,4615$	0,0000 0,0002	15,9972	16,0928
ARIMA (2, 1, 1)	$\phi_1 = 0,3334$ $\phi_3 = -0,3955$ $\theta_1 = -0,7025$	0,0352 0,0022 0,0000	16,0618	16,1893
ARIMA (1, 1, 4)	$\phi_1 = -0,9999$ $\theta_1 = 0,6076$ $\theta_2 = -0,2775$ $\theta_3 = -0,4034$ $\theta_4 = -0,5129$	0,0000 0,0000 0,0312 0,0012 0,0000	16,0245	16,2157

Fonte: Elaborado pelo autor

Utilizando os critérios penalizadores de AIC e BIC encontrou-se o modelo mais parcimonioso. Sabendo que o modelo que melhor se ajusta a série e o que apresenta menor valor, conclui-se que o modelo mais adequado a série foi o ARIMA (0, 1, 2) com valores para AIC de 15,9825 e para BIC de 16,0781, possuindo o modelo uma diferença simples e dois componentes médias móveis, sendo estes localizados no *lag* 1 e *lag* 3.

De posse do melhor ajuste, o passo seguinte foi a verificação dos correlogramas FAC e FACP dos resíduos.

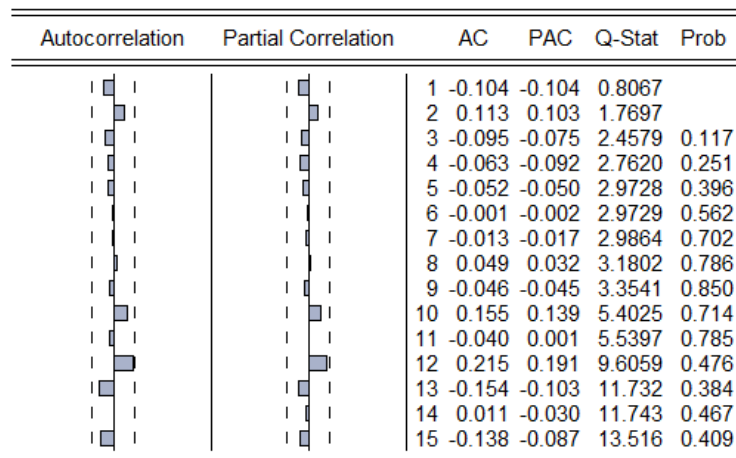


Figura 4 – Correlograma residual do modelo ARIMA(0, 1, 2)
 Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme Figura 4 foi possível identificar que os resíduos apresentaram-se não-correlacionados, uma vez que, se encontram dentro dos limites de confiabilidade. Além disso, os resíduos possuem média zero e variância constante comprovando serem resíduos brancos.

Tendo em vista que a análise dos resíduos mostrou-se adequada a validação do modelo, realizou-se a previsão dentro da amostra (*in sample*) para o período de análise, conforme Figura 5, de forma a verificar o comportamento futuro.

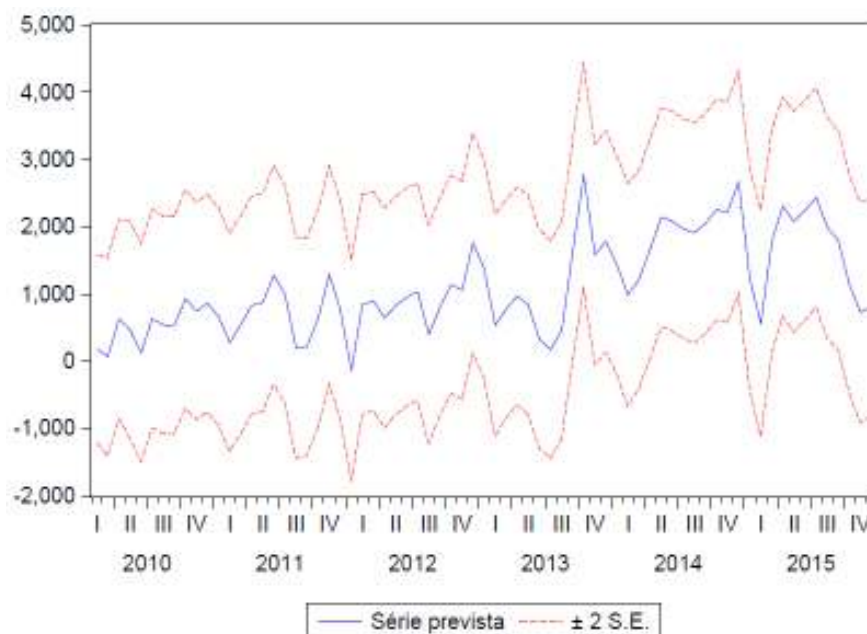


Figura 5 – Previsão do modelo ARIMA(0, 1, 2) de jan/10 a dez/15
 Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 6 – Representação gráfica da série original, série ajustada e os resíduos do modelo
Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se na Figura 6 que o modelo ajustado converge para a série original, com seus resíduos próximos a zero, indicando que o modelo ajustado representa o consumo de papel higiênico rolo (300m) .

Ao mesmo tempo em que o modelo ARIMA(0, 1, 2) demonstrou-se adequado para as previsões, visto que esta em conformidade com as restrições do método, o valor do MAPE encontrado para a série foi elevado, 67%, o que representa baixa acuracidade, em virtude do tamanho da amostra.

5 CONCLUSÃO

No estudo apresentado buscou-se a análise da previsão da demanda aplicada a uma instituição pública, no caso o Almoxarifado desta IFES. Embora os órgãos públicos estejam cercados por dispositivos legais voltados a particularizar os procedimentos que devem ser adotados, especificamente no que se refere as compras públicas, ainda existe uma lacuna na adoção de posicionamentos estratégicos que permitam a utilização mais efetiva dos recursos.

Especificamente nesta instituição, verificou-se a existência de apenas práticas empíricas no que se refere a previsão de demanda interna (consumo). Assim, ao se realizar este estudo, comprovou-se a oportunidade de se demonstrar ao gestor público que existem métodos científicos capazes de auxiliar na gestão, do tema aqui tratado, na manutenção de estoques em níveis adequados, sob o aspecto racional de disponibilidade (em quantidades que não sejam demasiadas, nem insuficientes). Assim ratifica-se a importância da adoção de técnicas de previsão da demanda como ferramenta de suporte gerencial a tomada de decisão.

Ainda, quanto a execução da pesquisa, na fase de levantamento dos dados históricos, verificou-se que, mesmo possuindo um sistema de informação informatizado, os dados armazenados pela instituição não são uniformes, em que codificação e características para o mesmo produto não puderam ser agrupadas, impossibilitando a análise dos demais produtos considerados relevantes.

Sob o aspecto do método de previsão adotado, a metodologia Box-Jenkins mostrou-se eficaz e adequada a série em estudo. De forma que, obteve-se a melhor configuração das

componentes (p, d, q) os valores $(0, 1, 2)$, especificadamente θ_1 e θ_3 , configurando-se assim que o modelo ARIMA(0, 1, 2) é o que melhor representa a série temporal analisada, no entanto, por mais que o modelo represente a série, o valor elevado encontrado do MAPE indica que o modelo possui um erro de precisão de 67%, o que demonstra baixa acuracidade, não sendo interessante sua utilização para a tomada de decisão. Ressalta-se que o alto valor da acuracidade encontrada ocorreu em virtude do tamanho da amostra. O modelo em estudo apresenta melhor precisão da previsão em séries temporais cujo número de amostras é superior a 200.

Deste modo, sugere-se estudos futuros da série com a utilização de previsão com intervenção, a qual, segundo Morretin & Toloí (2004), visa avaliar o impacto de algum evento atípico no comportamento da série ou o estudo da série com presença de heterocedasticidade.

Além disso, a reorganização do catálogo de produtos, o tratamento dos dados históricos existentes com a finalidade de agrupar os produtos substitutivos (características semelhantes, utilizados um na indisponibilidade do outro), bem como a aplicação de métodos de previsão de demanda a estes dados, se constituem também como sugestões para pesquisas futuras. Ainda, dada a especificidade do método, que demanda certo grau de conhecimento do analista, poderiam ser desenvolvidas ferramentas otimizadas com o propósito específico de auxiliar o gestor do caso em estudo.

Portanto a realização da pesquisa contribuiu para demonstrar algumas lacunas existentes no processo de compras de bem de consumo da instituição, ressaltando a oportunidade da realização de novos estudos, bem como a adoção de métodos que visem à melhor qualidade do gasto público, comprovados cientificamente e não apenas baseados em experiências pessoais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABAI, M. Z. ET al. Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis. **International Journal Of Production Economics**, [s.l.], v. 143, n. 2, p.463-471, jun. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.004>

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1970.

BRASIL. Decreto n. 7.892, de 23 de janeiro de 2013. Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. **Diário oficial da União**. Brasília, DF, 23 jan. 2013. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Decreto/D7892.htm>. Acesso em: 29 abr. 2016.

_____. **Decreto n. 5.450, de 31 de maio de 2005.** Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. **Diário oficial da União**. Brasília, DF, 1 jun. 2005. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5450.htm>. Acesso em: 29 abr. 2016.

_____. **Lei n. 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário oficial da União**. Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 29 abr. 2016.

_____. **Lei n. 10.520, de 17 de julho de 2002.** Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. **Diário oficial da União.** Brasília, DF, 18 jul. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10520.htm>. Acesso em: 29 abr. 2016.

_____. Ministério da Educação. **Universidades Federais criam 15 mil novas vagas no primeiro ano do programa.** 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/index.php?option=com_content&view=article&id=14697:universidades-federais-criam-15-mil-novas-vagas-no-primeiro-ano-do-programa&catid=228&Itemid=86>. Acesso em: 09 abr. 2016.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A; **Administração de produção e de operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2013.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed. 2010.

EDIGER, V. Ş.; AKAR, S. ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey. **Energy Policy**, [s.l.], v. 35, n. 3, p.1701-1708, mar. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2006.05.009>.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica.** São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

KIBUNJA, H. W. ET al. Forecasting Precipitation using SARIMA Model: A Case Study of Mt. Kenya Region. **Mathematical Theory and Modelling.** v.4, n.11, p. 50 – 59, 2014.

KLIDZIO, R.. **Modelos de previsão aplicados ao controle de qualidade com dados autocorrelacionados.** Santa Maria: UFSM, 2009. 155 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações.** Tradução Mirian Santos Ribeiro. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico.** 17.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LIMA JUNIOR, A. V. Et al.. Aplicação da metodologia Box e Jenkins na modelagem e previsão da série das despesas do governo com o Programa Bolsa Família. In: Anais da III SEMANÍSTICA: Semana Acadêmica da Estatística da UFRGS e STATISTICS 2013 (Ano Internacional da Estatística 2013). Porto Alegre, outubro/2013.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais.** São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

NORONHA, M. O.; SOUZA, A. M.; ZANINI, R. R. Aplicação da metodologia Box & Jenkins para modelagem da emissão de Certificados ISO 14001 no Brasil. **Espacios**, [s.l.], v. 37, n. 11, p. 28, 2016.

RAMOS, P; SANTOS, N; REBELO, R. Performance of state space and ARIMA models for consumer retail sales forecasting. **Robotics And Computer-integrated Manufacturing**, [s.l.], v. 34, p.151-163, ago. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2014.12.015>.

SCHEFFER, D.; SOUZA, A. M.; ZANINI, R. R. Utilização de modelos ARIMA para previsão da arrecadação de ICMS do estado do Rio Grande do Sul", p. 734-745 . In: **In Anais do XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - SPOLM 2014** [=Blucher Engineering Proceedings, n.1, v.1]. São Paulo: Blucher, 2014.

SEN, P; ROY, M; PAL, P. Application of ARIMA for forecasting energy consumption and GHG emission: A case study of an Indian pig iron manufacturing organization. **Energy**, [s.l.], v. 116, p.1031-1038, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.068>.

SLACK, N. ET al. **Gerenciamento de operações e de processos**: princípios e práticas de impacto estratégico. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

STEKLER, H. O. The future of macroeconomic forecasting: understanding the forecasting process. **International Journal of Forecasting**, v. 23, n. 2, p. 237-248, 2007.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VALIPOUR, M; BANIHABIB, M. E; BEHBAHANI, S. M. R. Comparison of the ARMA, ARIMA, and the autoregressive artificial neural network models in forecasting the monthly inflow of Dez dam reservoir. **Journal Of Hydrology**, [s.l.], v. 476, p.433-441, jan. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.11.017>.

WERNER, L; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **G&P – Gestão & Produção**, vol. 10, n. 1, p. 47-67, abr. 2003.