

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

PREVISÃO ESTATÍSTICA COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PROCESSO DE GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

STATISTICAL FORECAST AS A SUPPORTING TOOL FOR THE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROCESS

Marcelo Medeiros Pereira e Debora Desconsi Suterio

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo analisar o comportamento e modelar dados históricos das perdas de resinas nas indústrias de bebidas que utilizam embalagens de Polietileno Tereftalato, conhecidas como “PET”, na região central do estado do Rio Grande do Sul. Os dados históricos foram coletados a partir das ordens de produção, tratando especificamente do consumo em unidades de resina utilizadas no processo industrial no período abril de 2010 a abril 2016. Para análise, fundamentou-se na metodologia Box-Jenkins para demonstrar o comportamento das perdas industriais e seu impacto na gestão da cadeia de suprimentos. Foram construídos os correlogramas para a identificação da estrutura do modelo selecionado, baseando-se na confirmação visual do modelo. Percebeu-se que os resíduos não se apresentam autocorrelacionados, encontrando-se dentro dos limites de confiabilidade do modelo ARIMA (2,1,0) selecionado para previsão. Neste sentido, esta pesquisa contribuiu para expansão dos estudos sobre os impactos da previsão estatística aplicada ao apoio do processo de tomada decisão na gestão da cadeia de suprimentos. Ficou evidente as contribuições da modelagem para apoiar os gestores no gerenciamento da cadeia de suprimentos e tomar decisões com base em projeções seguras dentro de intervalos de confiança.

Palavras-chave: Previsão 1, Perdas 2, Cadeia de Suprimentos 3.

ABSTRACT

The present research aims to analyze the behavior and model historical data of resin losses in beverage industries that use polyethylene terephthalate packages, known as "PET", in the central region of the state of Rio Grande do Sul. Historical data were collected From the production orders, specifically dealing with the consumption in resin units used in the industrial process from April 2010 to April 2016. For analysis, it was based on Box-Jenkins methodology to demonstrate the behavior of industrial losses and their impact on Management of the supply chain. The correlograms were constructed to identify the structure of the selected model, based on the visual confirmation of the model. It was observed that the residuals are not autocorrelated, being within the reliability limits of the ARIMA model (2,1,0) selected for prediction. In this sense, this research contributed to the expansion of the studies on the impacts of statistical forecasting applied to support the decision-making process in the supply chain management. The contributions of modeling to support managers in supply chain management and to make decisions based on reliable projections within confidence intervals were evident.

Keywords: Forecast 1, Losses 2, Supply Chain 3.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de transformação brasileira foi responsável por 10,9% do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2015, o menor resultado desde ano 1947. Este processo de desindustrialização teve seu início nos anos 80 e 90, agravados pela crise internacional no ano de 2008. Contribuíram para este cenário a competição com os produtos importados, o baixo investimento tecnológico e a queda na produtividade do setor conforme (DEPECON; FIESP; CIESPE, 2015).

Diante disso, a gestão das indústrias brasileiras deve estar alicerçada em ferramentas que possibilitem auxílio no processo de tomada de decisão para cenários competitivos e que forneça aos seus administradores conhecimentos para avaliação de ambientes em crise, identificando estratégias que proporcionem melhores oportunidades no segmento.

Gramigna (2007) evidencia que os gestores precisam estar atentos as mudanças de mercado, onde terão vantagens às organizações que possuírem excelência na gestão de custos, através do desenvolvimento de estratégias competitivas e gestão da sua cadeia de suprimentos. Ainda complementa que as inovações tecnológicas nos processos produtivos que reduzam os custos de produção e possibilitam o incremento no resultado econômico, serão mais importantes do que a inovação do mix de produtos.

Com recursos financeiros cada vez mais escassos e a constante busca pela otimização dos resultados, as indústrias dependem do desenvolvimento de estratégias que proporcionem eficiência na performance financeira da organização. Para Andrade e Amboni (2010), pensar de forma estratégica representa um exercício de reflexão sobre as várias possibilidades de escolhas que uma empresa possui, incentivando os indivíduos a percorrerem caminhos diferentes para atingir um mesmo resultado.

Estes resultados, são influenciados pelas constantes mudanças no ambiente mercadológico, pela busca da expansão nos negócios. Para isso, destaca-se o gerenciamento da cadeia de suprimentos como importante ferramenta para as empresas, visto sua abrangência nos processos organizacionais. Esse gerenciamento é uma atividade dinâmica, onde mudanças constantes do mercado exigem reações e decisões da organização, demandando contínua busca por possibilidades de melhoria.

Uma problemática que envolve a gestão da cadeia de suprimentos é o impacto das perdas de produção no aumento da demanda de matérias-primas no processo produtivo, principalmente quando não se utiliza ferramentas de previsão que possam auxiliar no processo de tomada decisão.

Especificamente para as indústrias de bebidas que utilizam resinas para produção de embalagens de Polietileno Tereftalato, conhecidas como “PET”, as perdas de produção não previstas podem afetar significativamente sua gestão de suprimentos, principalmente porque dependem de fornecedores estrangeiros, onde demandas não planejadas poderão não serem atendidas, implicando em rupturas no fornecimento de produtos.

Diante do alto custo que ativação de recursos em estoque representa para as indústrias, faz-se necessário investigar um modelo de previsão que seja capaz de auxiliar o processo de gestão da cadeia de suprimentos, para identificação de demandas assertivas que consigam incorporar o comportamento das perdas de produção.

Tendo em vista o impacto que os custos de produção representam na gestão financeira das indústrias e a relevância que a contabilidade tem como sistema de informação, para dar subsídios ao processo de tomada decisão, fica evidente a importância da estatística na aplicação de métodos quantitativos que permitam à resolução de problemas de gestão, possibilitando a contabilidade alcançar sua finalidade que é fornecer informações sobre o patrimônio e permitir tomadas de decisões, por seus usuários.

Entre as várias metodologias existentes para investigações e análise de séries temporais, Rossi e Neves (2011) destacam a abordagem de Box e Jenkins que procura utilizar na representação de uma série histórica modelos matemáticos parcimoniosos, que busquem captar o comportamento da correlação e autocorrelação dos dados observados na série temporal com intuito de realizar previsões futuras.

A modelagem e a previsão podem contribuir como ferramenta decisão para o gerenciamento da cadeia de suprimentos de resinas para uma indústria de bebidas na região central do estado, melhorando a sua capacidade de análise do comportamento dos custos de produção e evitando o desabastecimento de matérias-primas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura é desenvolvida nas subseções apresentadas a seguir.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO PARA A GESTÃO

As empresas e seus gestores devem ser capazes de prever as fragilidades do mercado para que possam adequar as estratégias do negócio acompanhando às mudanças econômicas que afetam a indústria. Bazzoti e Garcia (2007) apontam que para medir o valor da informação o gestor deve dispor desta, de forma que reduza às incertezas encontradas no decorrer do processo gerencial, e conseqüentemente, aumente a qualidade da decisão. Andrade e Amboni (2010) ressaltam que elaborar estratégias competitivas é fundamental para manter as empresas ativas no mercado atual.

Desenvolver ações que sejam capazes de otimizar os recursos financeiros, fazendo muito com pouco, ou seja, as indústrias precisam cada vez mais trabalhar a redução de custos e despesas para poder obter um resultado financeiro satisfatório, compreendendo o comportamento das variáveis que influenciam na composição do custo de seus produtos. As organizações devem estar aparadas por métodos quantitativos que possam elevar a sua competitividade, que para Andrade e Amboni (2010) levam à redução de custos, à especialização das linhas de produção, estabilidade e controle de qualidade, o que proporciona maior eficiência e grau de competitividade.

Stark (2007), complementa que a contabilidade de custos é caracterizada pelas técnicas empregadas para determinação do custo de produtos e serviços. Além disso, é uma ferramenta que auxilia nos processos de mensuração, processamento e disponibilização de informação sobre os custos industriais, trabalhando em conjunto com o setor financeiro, de produção, contábil e gerencial. No entendimento de Santos, Leal e Miranda (2014) o gestor da empresa precisa de uma série de informações para tomar suas decisões, estas devem refletir a confiabilidade e fidedignidade das operações que poderão ser esclarecidas e previstas pela utilização de métodos quantitativos em apoio à gestão empresarial. Estes métodos quantitativos representam um conjunto de ferramentas estatísticas, matemáticas e de pesquisa operacional, utilizados na análise, tratamento e apresentação de prováveis soluções a problemas ou esclarecimento acerca do comportamento de séries de dados diversas.

Diante dos conceitos acima expostos, entendemos que a estatística com as suas ferramentas auxilia outras ciências na obtenção de resultados, parâmetros e na organização de séries de dados, representações gráficas para auxílio à tomada de decisão ou na obtenção de elementos com características de determinados conjuntos de dados. Horngren, Datar e Foster, (2004) destacam os métodos quantitativos como uma ferramenta de análise, previsão de custos e orientadores na tomada decisões administrativas. Os autores observam que essa metodologia analítica consiste em estimar funções de custos a partir de modelos matemáticos elaborados com base em dados históricos.

O processo de análise das perdas de produção a partir de métodos de previsão estatística, avaliando seus impactos no gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma fonte de informação valiosa para que gestores e administradores possam estar embasados em suas decisões sobre os custos de produção e rede de suprimentos.

2.2 GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Para Slack et al (2013), a gestão da cadeia de suprimentos (SCM) é a atividade principal do gerenciamento de operações que define o desempenho de entrega da operação, porque ele controla o fluxo dos produtos e serviços desde os fornecedores até o consumidor final. Ou seja, a SCM trata-se de uma rede que desempenha as funções de aquisição de materiais, a sua transformação, assim como a distribuição dos produtos acabados para os consumidores.

Segundo Cardoso e Filho (2014), o gerenciamento da cadeia de suprimentos consiste na integração dos processos produtivos, envolvendo fornecimento e distribuição, a fim de atender as demandas dos clientes. Ainda, conforme os autores, tal integração deve ser permeada pelo relacionamento entre as partes envolvidas em cada processo, compartilhando informações de modo a construir vantagem competitiva para as organizações envolvidas.

Portanto, as informações filtradas do mercado podem auxiliar na definição das ações que a organização deve tomar, de forma que responda e satisfaça esse mercado, gerando resultados que a organização precisa.

Com isso, o objetivo do gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma integração adequadamente ágil na relação entre a demanda do mercado direcionadas aos fornecedores de modo que, conforme Melo e Alcântara (2011), se tenha balanceamento e alinhamento estratégico das necessidades do mercado com a capacidade operacional ao longo da cadeia de suprimentos. Para que seja possível atender a demanda do mercado, fornecendo produtos e serviços apropriados com um preço competitivo, é necessário que a cadeia de suprimentos “alcance níveis adequados dos cinco objetivos de desempenho de operações: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo” (SLACK et al, 2013).

Para o autor, esses cinco objetivos contribuem para a vantagem competitiva: qualidade na entrega de bens ou serviços de acordo com as especificações ou necessidades dos clientes sem cometer erros; velocidade em relação ao tempo que o cliente deve esperar para o recebimento do produto; confiabilidade na produção e entrega dos bens ou serviços, de modo a atender os prazos programados e realizar a entrega pontualmente; flexibilidade para atender as alterações de produtos e serviços, prazos, volumes, ou seja, capacidade de atender as mudanças, quando necessário, com agilidade; custos menores que os concorrentes na produção de bens ou serviços.

Neste sentido, a falha mais comum que pode ocorrer no gerenciamento da cadeia de suprimentos é percebida quando as expectativas do mercado não são atendidas, tanto em qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade ou custo, do mesmo modo que qualquer aspecto que faça parte daquilo que era esperado pelo cliente. Um dos principais quesitos do gerenciamento eficiente da cadeia de suprimentos é a responsabilidade em suprir as expectativas dos clientes relacionado a um adequado planejamento de produção e suprimento. Isso é potencializado a partir do estudo de previsões estatísticas que possam contribuir para compreensão das perdas de produção e auxiliem na gestão das demandas de matérias-primas, evitando possíveis rupturas em contratos de fornecimento.

3 METODOLOGIA

Os dados históricos foram coletados em uma indústria de bebidas na região central do estado, extraídos a partir das ordens de produção de um produto de embalagem pet, tratando

especificamente do consumo de resina consumido no processo industrial no período abril de 2010 a abril 2016. Cada ordem de produção explicita a quantidade padrão e real, necessária à produção do respectivo produto, a diferença entre elas, referem-se a perda no processo produtivo.

A escolha da metodologia tem importante contribuição para pesquisadores e profissionais para quaisquer que sejam os estudos abordados, e as opções metodológicas contribuem para as respostas de cada problema elaborado. Segundo Diehl e Tatim (2004) a metodologia permite a escolha da melhor maneira de abordar determinado problema, integrando os conhecimentos a respeito dos métodos em vigor nas diferentes disciplinas científicas.

O objetivo de uma pesquisa de forma geral é alcançar a solução para um determinado problema, evidenciando a solução para alguma necessidade humana. Para se classificar uma pesquisa se faz necessária a definição de critérios, onde usualmente se utiliza os seus objetivos gerais. Neste sentido, esta pesquisa é caracterizada como descritiva que segundo Gil (2007), tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre as variáveis.

Este estudo teve como fundamentos a pesquisa documental, visto que, utilizou materiais que não receberam tratamento analítico. Para Gil (2010) na própria concepção de documento, como sendo qualquer objeto capaz comprovar um fato ou acontecimento como regulamentos. Nesta etapa foram analisados os documentos que formalizam os coeficientes técnicos de produção para o produto que serviu de base para este estudo.

Ainda, quanto ao delineamento da pesquisa, está se classifica como estudo de caso, que para Gil (2010, p. 54) “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”, com o propósito de “proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados” (GIL, 2010, p. 55).

Este estudo se caracteriza quanto à abordagem do problema como quantitativa, definida por Moreira e Caleffe (2008) como aquela que explora as características e situações de que dados numéricos podem ser obtidos e mensurados com métodos estatísticos.

O estudo quantitativo almeja a quantificação das coletas de informações e o tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Richardson (1999) menciona que o método quantitativo possui a intenção possibilitar a precisão dos resultados, evitando as distorções nas análises e interpretações, permitindo, uma margem de segurança quanto às inferências.

Para análise, elaborou-se gráfico temporal para demonstrar o comportamento das perdas industriais de resina, fundamentada na metodologia Box-Jenkins descrita a seguir.

3.1 METODOLOGIA BOX-JENKINS

O desenvolvimento de pesquisas que se propõe a investigar um determinado conjunto de observações ordenadas no tempo, conceituada por Morettin (2011) como série temporal, visa a indagação do comportamento destes dados para a realização de inferências estatísticas. Segundo Morettin (2011), para que isso ocorra é necessário atentar ao caráter cíclico e iterativo da abordagem científica, ressaltando a importância da estatística na fase da coleta das observações e no comparativo das previsões realizadas pelo modelo com os dados originais.

Rossi e Neves (2014) destacam que a metodologia Box-Jenkins possui diversas aplicações, estudando fenômenos econômicos, industriais, aplicações em ciências naturais, que consolidaram esta forma de modelar observações em séries históricas. Para desenvolvimento desta pesquisa será utilizada a suposição básica para análise de séries temporais que o processo

é estacionário, ou seja, oscila ao redor de uma média constante e variância constante, o que possibilita fixar parâmetros no modelo válidos para previsão do futuro a partir do passado.

Os processos estacionários mais utilizados são os autoregressivos de ordem p , representados por $AR(p)$, de médias móveis de ordem q , representados por $MA(q)$ e os autoregressivos e de médias móveis de ordem p e q , representados por $ARMA(p,q)$, (MORETTIN, 2011). Os modelos podem ser descritos em sua forma genérica conforme as Equações 1, 2 e 3 abaixo.

AR(p):

$$Y_t = \mu + \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde:

μ : constante ou ponto de intercepto

ϕ_p : é o fator do coeficiente autoregressivo

ε_t : são os erros aleatórios

MA(q):

$$Y_t = \mu + \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 Y_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

Onde:

μ : constante ou ponto de intercepto

θ_q : é o fator do coeficiente média móvel

ε_t : são os erros aleatórios

ARMA (p,q):

$$Y_t = \mu + \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 Y_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Porém, Morettin (2011) alerta que muitas séries financeiras não são estacionárias, expressam médias ou variâncias não constantes, variando com o tempo. No caso de não estacionariedade da média, o nível médio não constante pode ser modelado através de um processo autorregressivo integrado e de médias móveis ARIMA, onde certas transformações logarítmicas usualmente estabilizam a variância, entendidas como a incorporação de diferenças ($D^d X_t$) no modelo ARMA. O modelo pode ser descrito em sua forma genérica conforme a equação 4.

ARIMA (p,d,q)

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + \varepsilon_1 - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

Onde: $X_t = \Delta^d W_t$

Para o estabelecimento de modelos para uma série temporal é necessário considerar quatro estágios importantes: (i) identificação, (ii) estimação, (iii) diagnóstico e (iv) previsão. Com isso, este estudo baseou-se no ciclo iterativo para construção de vários modelos para escolha parcimoniosa do mais adequado. O que na ótica de Box e Jenkins (1970) consiste em escolher o modelo com menor número de parâmetros.

A identificação do modelo é realizada com base nas funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelações parciais (FACP) que para Morettin (2011, p.73):

- i) um processo AR(p) tem f.a.c. infinita em extensão que decai de acordo com exponenciais e/ou senoides amortecidas;
- ii) um processo MA(q) tem f.a.c. finita, no sentido que ela apresenta um corte após a defasagem q;
- iii) um processo ARMA(p,q) tem f.a.c. infinita que decai de acordo com exponenciais e/ou senoides amortecidas após a defasagem (q-p).

O autor complementa que estas observações são importantes no procedimento de identificação do modelo, calculando-se estimativas da (FAC) que acredita-se reproduzir adequadamente as verdadeiras (FAC) desconhecidas e comparando seu comportamento para cada modelo, primando escolher aquele que descreva a série observada. A função de autocorrelação (FAC) é útil para identificação de modelos MA(q), porém em modelos ARMA(p,q) apresentam (FAC) complexa, propõe-se a utilização da função de autocorrelação parcial (FACP), definido por Morettin (2011, p.76):

- i) em um processo AR(P) a f.a.c.p é da forma $\phi_{kk} \neq 0$, para $k \leq p$ e $\phi_{kk} = 0$, $k > p$
- ii) em um processo MA(q) a f.a.c.p. se comporta de maneira similar à f.a.c. de um processo AR(p), isto é, composta por exponenciais e/ou senoides amortecidas;
- iii) um processo ARMA(p,q) tem f.a.c.p. que se comporta como a f.a.c.p. de um processo MA puro.

Cabe ressaltar que a utilização da função de autocorrelação parcial é útil para modelos AR puros, não sendo funcional para identificação e modelos MA e ARMA.

3.1.1 Critérios de Acurácia

Partindo da premissa que o modelo investigado seja a expressão simplificada de uma situação real destinado a investigar aspectos sobre o problema, surgem necessidades para definição de qual melhor modelo representa a série em estudo. Para Lemos (2006), a escolha do melhor modelo será utilizado o critério *Akaike Information Criterion* (AIC), definido como critério que fornece pontuação para o modelo, baseado em sua adequação aos dados e na ordem do modelo proposto, neste sentido, a escolha do modelo mais parcimonioso será aquele que minimizar o AIC, apresentando o menor valor conforme equação 5.

$$AIC = \hat{\ell}_n \delta^2 \varepsilon_t + \frac{2(p+q)}{n} \quad (5)$$

Onde $\hat{\ell}_n \delta^2 \varepsilon_t$ é o estimador de máxima verossimilhança de δ^2

Após a identificação do modelo provisório, será necessário a estimação de seus parâmetros, na literatura científica os métodos dos momentos, mínimo quadrados (MQ) e máxima verossimilhança (MV) são muito utilizados para analisar os modelos AR, MA e ARMA. Para este estudo será utilizado o software estatística 9.0 para a estimação dos parâmetros das séries. Para a realização do diagnóstico sobre a assertividade do modelo encontrado, significa verificar se ele representa, ou não, adequadamente os dados. Caso esta etapa seja realizada com menor zelo, poderá sugerir modelo alternativo de previsão não adequado. Segundo Morettin (2011) uma forma de eliminar às incertezas no diagnóstico do modelo é a realização do teste de autocorrelação residual, chamado de resíduos estimados ou simplesmente resíduos. Se o modelo for adequado, os ε_t estimados deverão estar próximos dos ε_t , portanto, deverão ser aproximadamente não correlacionados, conforme equação 6.

$$\hat{\varepsilon}_t = \hat{\theta} - 1(B) \hat{\phi}(B) W_t \quad (6)$$

A previsão do modelo será analisada retirando-se as 4 últimas observações da série e projetando-as para as respectivas posições, assim será possível identificar as variações do modelo com relação a série original. Para identificar a precisão do método de previsão serão utilizadas medidas de acurácia, descritas a seguir.

Tubino (2004) esclarece que uma forma de monitorar o desempenho do modelo é por meio da verificação do comportamento do indicador de erro de previsão é a utilização do erro percentual absoluto médio (MAPE), que considera desvios relativos ou percentuais no cálculo do erro. Segundo Lemos (2006), o MAPE é a diferença entre o valor atual e o previsto dividido pelo valor atual. O módulo deste cálculo é então somado para cada previsão e dividido pelo número total de pontos previstos, conforme equação 7.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{z_t} \right| \times 100 \quad (7)$$

Outra medida de acurácia conforme Lemos (2006) é a raiz do erro quadrático médio (RMSE) que mede a magnitude média do erro. Como os erros são elevados ao quadrado antes de ser calculada a média, o RMSE fornece um peso maior aos erros maiores. Isso significa que o RMSE é mais útil quando grandes erros são particularmente indesejáveis, conforme expresso na equação 8.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (8)$$

Na ótica de Lemos (2006) nenhuma das medidas citadas anteriormente fornece boa base de comparação ordinal quanto aos ganhos de acuracidade auferidas pelo uso de determinado método de previsão em detrimento de outro. Dentro deste contexto a estatística U-Theil é adequada, pois permite uma comparação relativa entre métodos de previsão formais, expresso conforme equação 17.

$$UTheil = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (z_t - \hat{z}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (z_t - z_{t-1})^2}} \quad (9)$$

Quanto mais próximo o valor de U-Theil for de zero, maior será o ajustamento da série prevista em relação a série original. Em contrapartida, valores mais próximos da unidade indicam que o modelo não conseguiu fazer boas previsões (MAKIDRAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998). Esta métrica mede o quanto os resultados estão melhores que uma previsão ingênua. Decide-se a qualidade de uma previsão pela seguinte regra, se $U \geq 1$, o erro do modelo é maior que o erro ingênuo; ou se $U < 1$, o erro do modelo é menor que o erro ingênuo, e considera-se adequada a previsão. Portanto, quanto mais próximo de zero for U, melhor será o modelo de previsão proposto pelo estudo.

Utilizou-se o software estatística 7.0 para conhecer o comportamento das perdas de produção de resina na produção de produtos PET e compreender se modelagem e a previsão podem contribuir como ferramenta decisão para o gerenciamento da cadeia de suprimentos de uma indústria de bebidas na região central do estado, melhorando a sua capacidade de análise do comportamento dos custos de produção e evitando o desabastecimento de matérias-primas.

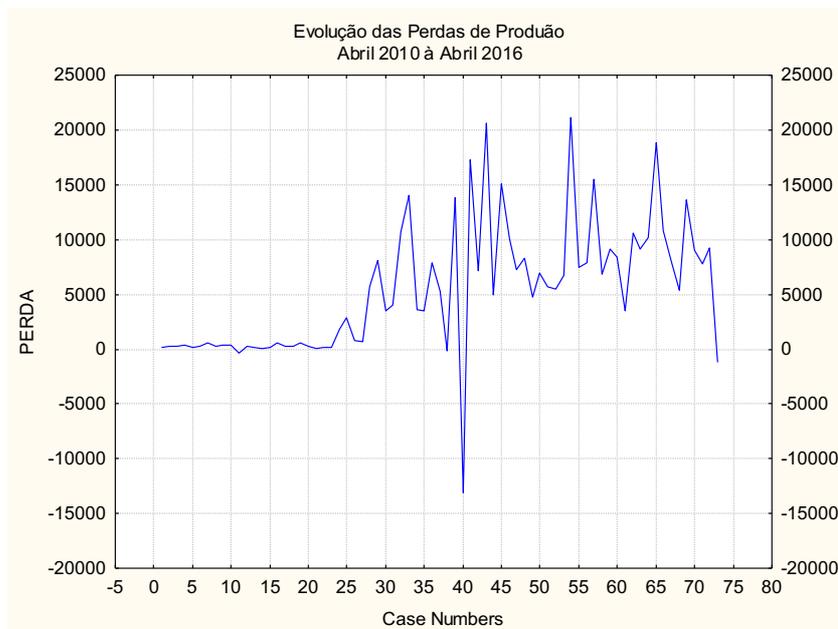
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fator relevante para a sobrevivência das indústrias que atuam em segmentos competitivos é a gestão de custos embasada por modelos de previsão estatística que permitem o estabelecimento de relações entre o planejamento de produção, considerando a projeção de perdas para o período. Associação destas informações possibilita melhorias no processo decisório, ampliando a capacidade da empresa em perceber incertezas do mercado e permitindo realizar ações para organizar seu processo de suprimento.

Diante disso, ressalta-se a importância para realização de projeções para compreender e identificar o comportamento das perdas de produção, e como estas podem afetar a gestão da cadeia de suprimentos em empresas que trabalham com estoques enxutos.

Inicialmente, para verificar o comportamento dos dados históricos de perdas na produção de produtos PET em uma indústria de bebidas na região central do estado do Rio Grande do Sul, foi elaborado um gráfico para evidenciar o comportamento das observações.

Figura 1: Perdas de produção de abril 2010 à abril 2016 em uma indústria de bebidas no RS



Fonte: Elaborado pelos autores com software Estatística 7.0.

Conforme figura 1, é possível perceber que as variações nas perdas de produção tem sua explosão a partir do ano de 2012, devido ao aumento do volume de produção e inserção de novas configurações de produtos PET. Gramigna (2007) evidencia que os gestores precisam estar atentos a estas mudanças de mercado, onde terão vantagens às organizações que possuírem excelência na gestão de custos, e possuírem informações sobre seus processos produtivos. Na modelagem dos dados das perdas de produção foram ajustados vários modelos de séries temporais, para identificação e comparação entre quais deles apresentam menor erro de previsão com base no dados originais.

A partir da tabela 1, podemos concluir que o melhor modelo é mais parcimonioso e aquele com menor AIC representado pelo modelo ARIMA(1,1,1) com AIC de 17,02493, contudo não apresenta o menor MAPE, que evidencia o menor erro médio percentual absoluto das previsões sobre o conjunto de dados.

O modelo que apresenta o menor erro médio percentual absoluto é AR (2,1,0) com MAPE de 0,53. Além disso, o modelo com menor U-theil menor, o que significa que o erro do modelo é menor que o erro ingênuo é o ARIMA (1,1,1) com U-Theil de 0,53862.

Tabela 1: Modelos propostos para as perdas de produção de produtos PET em uma indústria de bebidas na região central do RS.

Modelo	p;q	Parâmetros	AC	UTHEIL	MAPE	RMS
AR(1,0,0)	p1	0,593796	17,45627	1,00	0,66	10559,71
MA (0,0,1)	p1	-0,309337	17,44242	1,018744	0,84	11926,96
AR (1,1,0)	q1	-0,697195	17,17825	0,738446	0,56	8594,993
AR(2,0,0)	p1	0,226062	17,11334	0,766837	0,64	8396,507
AR (2,0,0)	p2	0,616780				
MA (0,0,2)	q1	-0,264825	17,2676	1,003766	0,95	10247,87
MA (0,0,2)	q2	-0,483801				
AR (2,1,0)	p1	-0,897401	17,1221	0,614609	0,53	8245,202
AR (2,1,0)	p2	-0,288949				
ARMA (2,0,1)	p1	0,66819	17,03803	0,539384	0,69	7904,642
ARMA (2,0,1)	p2	0,331453				
ARMA (2,0,1)	q1	0,755245				
ARIMA (1,1,1)	P1	-0,330844	17,02493	0,53862	0,66	7904,3
ARIMA (1,1,1)	q1	0,756677				

Fonte: Elaborado pelos autores com software Estatística 7.0.

Como o foco desta pesquisa é a identificação sobre qual é o melhor modelo de previsão para as perdas de produção, para auxiliar no processo de gestão da cadeia de suprimentos, foram retirados os dois últimos meses da série original e posteriormente realizado nova modelagem para verificação das previsões produzidas.

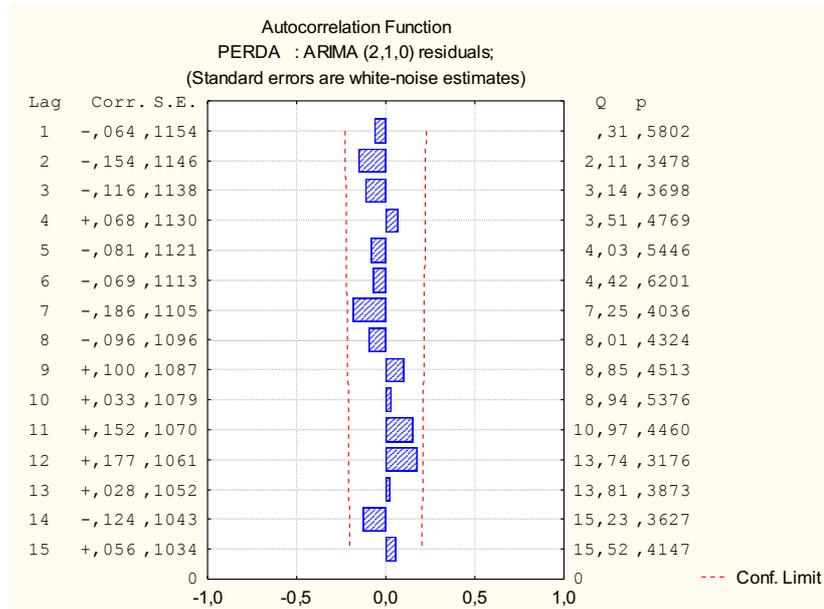
Tabela 2: Variação percentual das perdas previstas pelos modelos propostos selecionados pelos critérios de acurácia AIC e MAPE em uma indústria de bebidas na região central do RS.

Observação	Mês	Ano	Série Original	Menor AIC		Menor Mape	
				(1.1.1)		(2.1.0)	
				Previsão	Variação	Previsão	Variação
72	3	2016	7729	11901,71	53,99%	10593,67	37,06%
73	4	2016	9244	9954,61	7,69%	9273,16	0,32%

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa

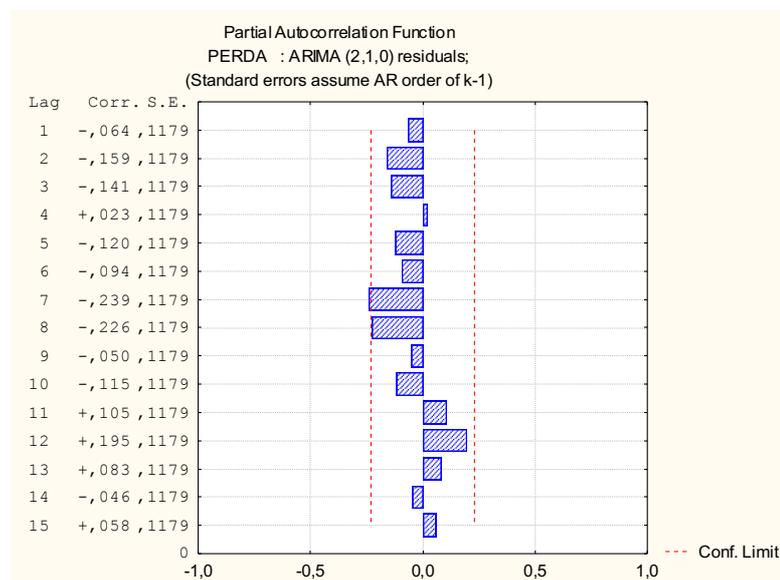
Conforme evidencia a tabela 2, o modelo que apresentou menor variação percentual em relação a observação prevista e a observação original foi o modelo ARIMA (2,1,0), com variação e 37,06% para posição 72 e apenas 0,32% para a posição 73. Posteriormente, realizou-se a modelagem com todos os dados da série considerando o modelo definido anteriormente. Foram construídos os correlogramas para a identificação da estrutura do modelo selecionado, FAC e FACP, para a confirmação visual do modelo.

Figura 2: Função de autocorrelação modelo ARIMA (2,1,0)



Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa

Figura 3: Função de autocorrelação parcial modelo ARIMA (2,1,0)



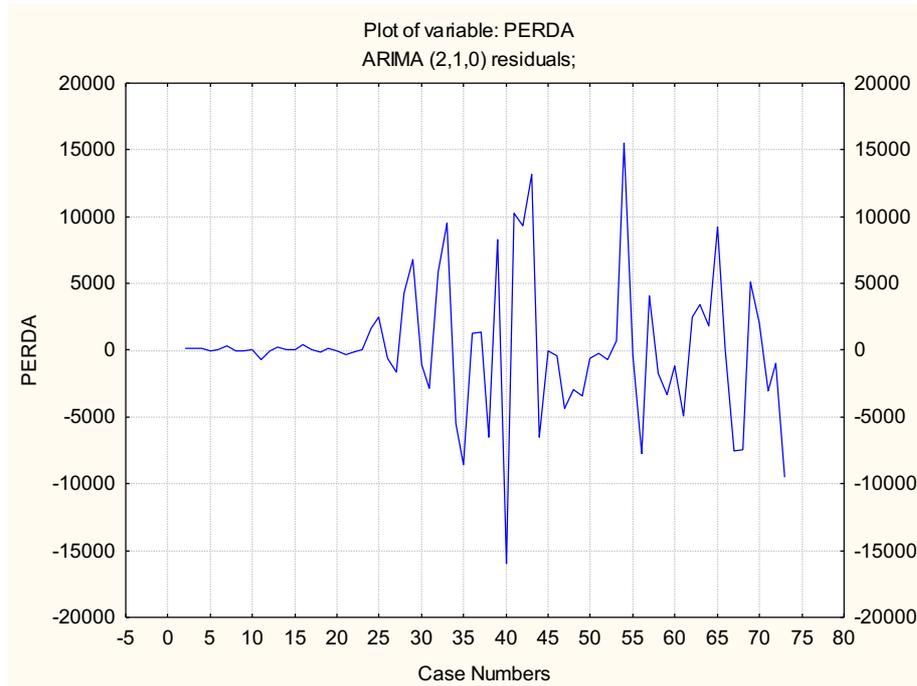
Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa

Com base nas figuras 2 e 3 percebe-se que os resíduos não se apresentam autocorrelacionados, ou seja, FAC e FACP satisfazem esta condição e encontram-se dentro dos limites de confiabilidade do modelo selecionado ARIMA (2,1,0).

Em análise a figura 4 percebe-se que os resíduos se desenvolvem em torno de uma média zero com variância constante, isto é, ruído branco, confirmando a escolha do modelo ARIMA (2,1,0) que pode ser expresso conforme equação:

$$w_t = (-0,897401)w_{t-1} + (-0,288949)w_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Figura 4: Resíduos ARIMA (2,1,0)



Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa

Tendo em vista o impacto dos custos de produção no resultado financeiro das indústrias e a relevância que a previsão estatística possui para o fornecimento de informação assertivas capazes de fornecer subsídios ao processo de tomada decisão para a gestão da cadeia de suprimentos, fica evidente a importância da estatística na aplicação de métodos quantitativos que permitam à resolução de problemas de gestão.

Além disso, o gerenciamento da cadeia de suprimentos que visa a integração adequada e eficaz na relação entre a demanda do mercado, direcionada aos fornecedores, e o alinhamento estratégico das necessidades do mercado com a capacidade operacional, depende de informações que possam projetar o futuro. Neste contexto, Bazzoti e Garcia (2007) apontam que para mensurar o valor da informação, o gestor deve dispor desta, de forma que reduza às incertezas encontradas no decorrer do processo gerencial, e conseqüentemente, aumente a qualidade da decisão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão adequada da cadeia de suprimentos permite uma produção otimizada para oferecer ao cliente final o produto certo, na quantidade certa. O intuito de gerir a forma como ocorrerá a relação entre os participantes da cadeia é claramente reduzir os custos e conseguir suprir as exigências do cliente. Esta gestão não é tarefa fácil, principalmente para setores que existam em seus sistemas interferências significativas, como as perdas de produção não previstas, que impactam diretamente na gestão da cadeia de suprimentos.

Conhecer e possuir mecanismos para prever situações futuras pode ser considerado um diferencial competitivo para as indústrias atualmente, pois ser capaz de prever perdas que influenciaram na suas demandas com fornecedores, reduzem o risco de não cumprir contratos por falta de matéria-prima, tendo como agravante a dificuldade em conhecer a demanda do

cliente na maioria das vezes, que pode apresentar variações substanciais em um determinado período, exigindo um planejamento complexo de produção.

O consumo de matérias-primas e suas perdas podem variar por influências de novas tecnologias, melhorias, alteração do processo de fabricação, porém, sempre haverá a necessidade em prever o comportamento da demanda, o que colocará em evidência a necessidade de uma estratégia de custos e de gestão de estoque.

Neste sentido, esta pesquisa contribuiu para expansão dos estudos sobre os impactos da previsão estatística aplicada ao apoio do processo de tomada decisão na gestão da cadeia de suprimentos. Ficou evidente as contribuições da modelagem para apoiar os gestores no gerenciamento da cadeia de suprimentos e tomar decisões com base em projeções seguras dentro de intervalos de confiança.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de; AMBONI, Nério. **Estratégias de gestão: processos e funções do administrador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BAZZOTTI, Cristiane; GARCIA, Elias. A importância do sistema de informação gerencial para tomada de decisões. In: VI Seminário do Centro de Ciências Sociais Aplicadas de Cascavel. 2007. **Anais eletrônicos**. A tecnologia da informação e as ciências aplicadas. Cascavel, PR. 2007. 13p. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/VISeminario/Artigos%20apresenta20em%20Comunica%E7%F5es/ART%203%20%20A%20import%E2ncia%20do%20sistema%20de%20informa%E7%E3o%20gerencial%20para%20tomada%20de%20decis%E7%F5es.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2015.

BRAULE, Ricardo. "Estatística aplicada com EXCEL; Rio de Janeiro." (2001).

BARBETTA, Pedro Alberto. Estatística aplicada às ciências sociais. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1998.

BORNIA, Antônio Cezar. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

CARDOSO, Jaqueline de Fátima; FILHO, Nelson Casarotto. Gestão da cadeia de suprimentos: contribuições para a construção de um conceito. **Produção em foco - revista eletrônica de engenharia de produção**, v. 04, n. 01, p. 01-25, 2014. Disponível em <<http://www.sociesc.org.br/producaoemfoco/index.php/producaoemfoco/article/view/133/71>>. Acesso em 14 de junho de 2016.

CARMO, C. R. S., MARTINS, V. F., FERREIRA, M. A. & SOARES, A. B. (2011). Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos: um estudo descritivo sobre as pesquisas científicas apresentadas nos Congressos Brasileiros de Custos. **CAP Accounting and Management**. São Paulo, v. 7, n. 7, 2013. Disponível em: <http://www.abcustos.org.br/texto/viewpublic?ID_TEXTO=3403>. Acesso em 15 out. 2015.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS (DEPECON); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP); CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (CIESP). **Panorama da indústria de transformação brasileira**. 3. ed. São Paulo: CEDECON, 2015.

- DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice hall, 2004.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GRAMIGNA, Maria Rita. **Modelo de competências dos talentos**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- GARRISON, Ray H.; NOREEN, Eric W. **Contabilidade gerencial**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- HORNGREN, Charles T.; FOSTER, George; DATAR, Srikant. **Contabilidade de custos**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2012.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- LAWRENCE, M. J.; EDMUNDSON, R. H.; O'CONNOR, M. J. The Accuracy of Combining Judgemental and Statistical Forecasts. **Management Science**. v. 32, n. 12, p. 1521-1532, 1986.
- LEMOS, F. O. **Metodologia de seleção de métodos de previsão de demanda**. 2006. 183 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MARION, José Carlos. **Contabilidade Empresarial**. 14 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MELO, Daniela de Castro; ALCÂNTARA, Rosane Lúcia Chicarelli. A gestão da demanda em cadeia de suprimentos: uma abordagem além da previsão de vendas. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, p. 809-824, 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/gp/v18n4/a09v18n4.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2016.
- MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.
- MORETTIN, Pedro A. , **Econometria financeira – Um curso em séries temporais financeiras**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- RIBEIRO, Osni Moura. **Contabilidade de custos**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2011.
- RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999
- ROSSI, José W.; NEVES, Cesar das. **Econometria e séries temporais com aplicação a dados da economia brasileira**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- SANTOS, Cleuber Rafael dos; LEAL, Edvalda Araújo; MIRANDA, Gilberto José A importância da gestão de custos na formação do preço de venda: um estudo de caso em uma indústria química de médio-grande porte. **Associação brasileira de custos**. São Leopoldo, v.

9, n.1, jan./abr. 2014. Disponível em: <<http://abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/240>>. Acesso em: 19 out. 2015.

SILVA, Antonio Carlos Ribeiro da. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade:** orientações de estudos, projetos, relatórios, monografias, dissertações, teses. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

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

STARK FERREIRA, José Antônio. **Contabilidade de custos.** 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007

STEVENSON, William J. Estatística aplicada à administração. Tradução Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Harbra, 2001 .

STEVENSON, W. J.. Estatística aplicada à administração. São Paulo: Harbra, 1986.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

THEIL, H. **Applied economic forecasting.** 4. ed. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1966.