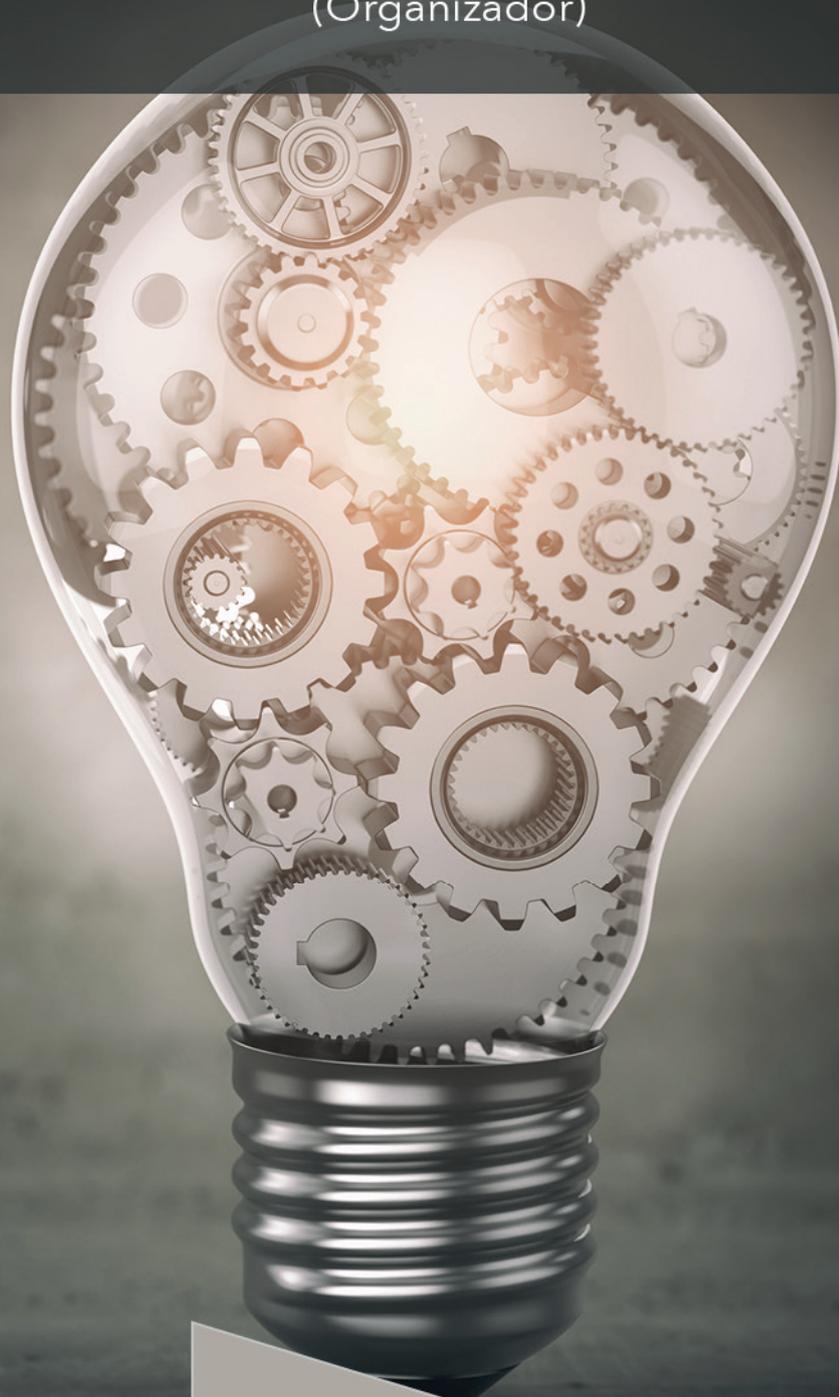


# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 3

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 3

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

Machado, Marcos William Kaspchak  
M149e A engenharia de produção na contemporaneidade 3 [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-000-1

DOI 10.22533/at.ed.001180912

1. Engenharia econômica. 2. Engenharia de produção.  
3. Pesquisa operacional. I. Título.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume III apresenta, em seus 25 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão.

As áreas temáticas de engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão, tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

Tanto as ferramentas da engenharia econômica, como os estudos da pesquisa operacional, auxiliam no processo de tomada de decisão, tornando-as mais assertivas e economicamente eficientes.

Este volume dedicado à aplicação da engenharia econômica e pesquisa operacional na tomada de decisão traz artigos que tratam de temas emergentes sobre a gestão de custos e informações econômicas, análise de viabilidade, gestão financeira e de desempenho, pesquisa operacional e aplicação de métodos multicritério na tomada de decisão.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

### APLICAÇÃO DA ENGENHARIA ECONÔMICA E PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISÃO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
GESTÃO DE CUSTOS DA PRODUÇÃO	
Ivisson de Souza Tasso	
Isabella Tamine Parra Miranda	
João Luiz Kovaleski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
A RELEVÂNCIA DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL PARA A TOMADA DE DECISÃO NAS EMPRESAS DE FRANCISCO BELTRÃO.	
Andressa Bender	
Robson Faria Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO – ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO/CERTIFICAÇÃO DE SPIE (SERVIÇO PRÓPRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS).	
Cleiciano Berlano Miranda de Oliveira	
Leonardo Gomes Machado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
APLICAÇÃO DO CUSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE NA IDENTIFICAÇÃO DO MOMENTO ÓTIMO PARA A SUBSTITUIÇÃO DE UMA COLHEDORA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
João Matheus Coimbra Stortte	
Márcio Jacometti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL PRODUTORA DE CAFÉ NO INTERIOR DE MINAS GERAIS	
Gabriela Vilas Boas Pini	
Priscila Nayara Gonçalves	
Gabriela Azevedo Motta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809125</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
AÇÕES ESTRATÉGICAS EM UMA IMPORTADORA DE ARTIGOS PARA ILUMINAÇÃO: UM ENFOQUE NA VARIAÇÃO CAMBIAL	
Guilherme Mendes Fernandes	
Eduardo Loewen	
Elisete Santos da Silva Zagheni	
Janaina Renata Garcia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0011809126</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
CALIBRAÇÃO DO PARÂMETRO DE SUAVIZAÇÃO DO FILTRO L1 PARA UMA POSSÍVEL	

ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTOS.

Maria Simone Alves da Silva  
Andrew de Jesus Freitas Silva  
Fernando Luiz Cyrino de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.0011809127**

**CAPÍTULO 8 ..... 82**

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FUTURO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND CP IV

Bianca Reichert  
Adriano Mendonça Souza

**DOI 10.22533/at.ed.0011809128**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

PERFORMANCE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE BRASILEIRO:  
TESTANDO A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS VIA METODOLOGIA DE TODA  
E YAMAMOTO E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS.

Pedro de Moraes Rocha  
Vitória Gomes da Costa  
Yasmin Leão Sodré Soares  
Daiane Rodrigues dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.0011809129**

**CAPÍTULO 10 ..... 115**

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS EXPECTATIVAS MACROECONÔMICAS BRASILEIRAS  
DIVULGADAS NO RELATÓRIO FOCUS E OS ÍNDICES SETORIAIS DA B3

Stéfan Thomassen Andrade  
Mirela Castro Santos Camargos  
Marcos Antônio de Camargos

**DOI 10.22533/at.ed.00118091210**

**CAPÍTULO 11 ..... 133**

MAPEAMENTO DE FERRAMENTAS ORIUNDAS DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO QUE BUSQUEM  
AUTOMATIZAR, APOIAR OU MODELAR PROBLEMAS DAS ORGANIZAÇÕES NO SEGMENTO  
FINANCEIRO

Wagner Igarashi  
Deisy Cristina Corrêa Igarashi

**DOI 10.22533/at.ed.00118091211**

**CAPÍTULO 12 ..... 149**

MAPEAMENTO DO PERFIL DE NOVOS INVESTIDORES DO MERCADO DE VALORES MOBILIÁRIOS  
BRASILEIRO

Estevão Cristian da Silva Leite

**DOI 10.22533/at.ed.00118091212**

**CAPÍTULO 13 ..... 165**

APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA NA MAXIMIZAÇÃO DO LUCRO DE UMA  
EMPRESA DO SETOR DE BELEZA E ESTÉTICA

Weverton Silveira de Almeida  
Marilane Elias da Silva  
Nícolás Victor Martins dos Santos  
Lana Muriela Ribeiro  
Stella Jacyszyn Bachega

**DOI 10.22533/at.ed.00118091213**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>178</b>
UM ESTUDO COMPUTACIONAL DO PROBLEMA DE AGRUPAMENTO COM SOMA MÍNIMA DE DISTÂNCIAS	
Augusto Pizano Vieira Beltrão José André de Moura Brito	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>190</b>
APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE DO ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA	
Everton Ortiz Rocha Michell Eduardo Dallabrida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>199</b>
PROBLEMA DE PORTFÓLIO DE MÉDIO PRAZO PARA UM GERADOR HIDROELÉTRICO	
Tiago Forti da Silva Leonardo Nepomuceno	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>212</b>
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO ERRO DE PREVISÃO DA TEMPERATURA SOBRE O ERRO DE PREVISÃO A CURTO PRAZO DA CARGA ELÉTRICA	
Anna Cláudia Mancini da Silva Carneiro Henrique Steinherz Hippert	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>222</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO ARIMA-RNA PARA A PREDIÇÃO DOS CUSTOS DE INTERNAÇÃO PELO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE NA CIDADE DE SÃO PAULO	
Nayara Moreira Rosa João Chang Junior Cláudia Aparecida de Mattos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091218</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>234</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS: MELHORIA DO ATENDIMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO MARIA APARECIDA PEDROSSIAN	
Fernando Rocha Passos Júnior Lilian Milena Ramos Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091219</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>245</b>
A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA PRIORIZAÇÃO DE ORDENS DE SERVIÇO: O ESTUDO DE CASO NA PREFEITURA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
Nathan Nogueira Freitas Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.00118091220</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>259</b>
ANALYTIC HIERARCHY PROCESS COMO FERRAMENTA DE APOIO A SERVICIZAÇÃO E POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE RESTAURANTES	
Wellington Goncalves	

Rodrigo Randow de Freitas  
Fernando Nascimento Zatta  
Keydson Quaresma Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.00118091221**

**CAPÍTULO 22 ..... 272**

UTILIZAÇÃO DO AMD NA ESCOLHA DE UM SISTEMA ERP VISANDO A EXPANSÃO DE UMA EMPRESA DO VAREJO PARA O ECOMMERCE

Ingrid Dantas Silva  
Marcos Santos  
Marcone Freitas Reis

**DOI 10.22533/at.ed.00118091222**

**CAPÍTULO 23 ..... 286**

REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA ÁREA DA SAÚDE

Deyse Gillyane Gomes Camilo  
Talita Dias Chagas Frazão  
Ricardo Pires de Souza  
Bruno Cesar Linhares  
Adeliane Marques Soares  
Amanda Gomes de Assis

**DOI 10.22533/at.ed.00118091223**

**CAPÍTULO 24 ..... 300**

ANÁLISE DO PROCESSO DE PREMIAÇÃO DAS ÁREAS INTEGRADAS DE SEGURANÇA NO RIO DE JANEIRO: UMA ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

Marcio Pereira Basilio  
Valdecy Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.00118091224**

**CAPÍTULO 25 ..... 321**

APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTIPARAMÉTRICO COMO AUXÍLIO À AVALIAÇÃO DE NECESSIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Marcelo Antunes Marciano  
Eliezer Knob de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.00118091225**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 329**

## APLICAÇÃO DO MÉTODO HÍBRIDO ARIMA-RNA PARA A PREDIÇÃO DOS CUSTOS DE INTERNAÇÃO PELO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE NA CIDADE DE SÃO PAULO

**Nayara Moreira Rosa**

Centro Universitário da FEI

São Bernardo do Campo – São Paulo

**João Chang Junior**

Centro Universitário da FEI

São Bernardo do Campo – São Paulo

**Cláudia Aparecida de Mattos**

Centro Universitário da FEI

São Bernardo do Campo – São Paulo

**RESUMO:** Diante da constante necessidade das instituições de saúde pública brasileira de manter o gasto mensal dentro do limitado repasse de verbas do Sistema Único de Saúde (SUS), torna-se de grande relevância aos gestores dessas instituições serem subsidiados por ferramentas e técnicas para a estimação de custos, de modo a auxiliá-los nas tomadas de decisões. Para isso, este trabalho propõe o uso do modelo híbrido ARIMA-RNA como técnica e método de previsão dos custos de internações em instituições públicas da cidade de São Paulo - SP. Como resultado, foi confirmado o desempenho superior do modelo híbrido quando comparado aos métodos tratados individualmente, validando assim sua aplicabilidade do modelo híbrido para o caso proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de custos,

previsão, modelo híbrido, instituições de saúde.

**ABSTRACT:** In face of the month necessity of Brazilian public healthcare to control the spending money within the limited funding transfer by Brazilian Unified Health System (named SUS), forecasting tools and techniques are relevant to supporting the healthcare managers in their decision-making. In this way, this article has the purpose to apply the ARIMA-RNA hybrid model as a technique and method for predicting the costs with the length of stay in public care institutions in the city of São Paulo - SP. As a result, the superior performance of the hybrid model was observed when compared with each one single, thus allowing to validate the applicability of this hybrid model as was proposed in this study.

**KEYWORDS:** Cost management, forecast, hybrid model, healthcare.

### 1 | INTRODUÇÃO

A busca pelo menor custo sem afetar a qualidade e a funcionalidade dos serviços é um objetivo permanente das organizações do setor de saúde. Este cenário se faz ainda mais necessário em instituições públicas que possuem limitação de recursos financeiros e, por isso, necessitam do uso constante de

instrumentos econômicos que as auxiliem no gerenciamento eficiente dos gastos (SOUZA et al, 2013).

Estudos que contemple a estimação dos custos hospitalares representam subsídios importantes aos gestores nas tomadas de decisão. Desse modo, modelos provenientes da metodologia Box-Jenkins – modelos ARIMA, bem como modelos provenientes de Redes Neurais Artificiais (RNA) tornaram-se bastante populares na prática de previsões da demanda hospitalar, conforme estudos de Tandberg e Qualls (1997), Schweiger et al (2007) e Wang (2012). No setor hospitalar é possível encontrar estudos como de Cao et al (2012) que realizam um comparativo desses métodos na previsão da taxa de inflação dos custos médicos dos hospitais.

Em outros estudos, como de Badu e Reddy (2014), Khashei e Bijari (2011) e Zang (2003) foram identificados resultados promissores que podem ser alcançados com a integração desses modelos, também denominados de modelos híbridos ARIMA-RNA e, em grande parte dos casos, apresentam desempenhos superiores aos métodos tradicionais de previsão.

Contudo, a prática de modelos híbridos no âmbito da estimação dos custos hospitalares ainda é um tema pouco abordado na literatura (RIAHI et al, 2013). Por isso, faz-se necessário desenvolver pesquisas que fundamente e valide a aplicação desses modelos.

Nesse sentido, há uma lacuna a ser preenchida quanto a estimação dos custos hospitalares, de modo a responder a seguinte questão de pesquisa: o modelo híbrido ARIMA-RNA, para a previsão de custos hospitalares, é capaz de superar o desempenho dos modelos tratados de modo individualizados?

Para tanto, este trabalho objetiva avaliar a performance e acurácia do modelo híbrido para a previsão de custos hospitalares em relação ao tratamento individual destes modelos. Para efeito dessa avaliação, é feito uso do erro percentual médio absoluto (do inglês, *Mean Absolute Percentual Error* - MAPE) como técnica de medição que, segundo Sun et al (2009), e Jones et al (2008), é amplamente utilizada em modelos de previsão séries temporais.

De modo geral, este trabalho foi dividido em oito seções, tal como segue: na seção 2 serão apresentados uma contextualização da gestão de custos nas instituições de saúde pública do Brasil, a relevância dos custos de internação no custeio da saúde pública e o papel desempenhado pelas técnicas de previsão na custos. Nas duas seções seguintes serão dados ênfase aos aspectos teóricos--conceituais dos modelos de previsão aplicados neste estudo. A quinta seção fornecerá as informações necessárias para compreender as etapas desenvolvidas na pesquisa, bem como irá proceder o cálculo para o modelo híbrido. Já na sexta seção serão apresentados os resultados e discussões obtidos com a aplicação do modelo. E, para finalizar, nas duas seções seguintes são feitas as considerações finais acerca dos objetivos alcançados com a pesquisa e o referencial bibliográfico utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, respectivamente.

## 2 | GESTÃO DE CUSTOS EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE SAÚDE

Para Souza et al (2013) a disponibilidade de informações relacionadas ao custo auxilia na aplicação e no controle dos recursos reconhecidamente escassos, principalmente em hospitais prestadores de serviços ao Sistema Único de Saúde (SUS), de modo a possibilitar a compreensão e o eficiente gerenciamento dos custos.

A utilização de serviços de saúde, incluindo as internações hospitalares, é um tema relevante em pesquisas na área de serviços da saúde. No Brasil, este tema apresenta uma relevância especial, devido à presença do Sistema Único de Saúde (SUS). O SUS financia serviços de atenção hospitalar e ambulatorial em todo o país, além de exercer funções de saúde pública típicas do estado, tais como vigilância sanitária e epidemiológica. E que, por definição constitucional, o SUS deve assistir a toda a população brasileira de forma universal, igualitária e hierarquizada (CONASS, 2007).

Em muitas unidades hospitalares, a geração de resultados está intimamente relacionada a liberação de verbas por parte das entidades governamentais para o aprimoramento e aquisição de novas tecnologias. De modo que, para as organizações hospitalares as informações de custos compreendem um insumo indispensável ao alcance de padrões de gestão mais seguros. Decorrem dessas condições as possibilidades de exercício das funções de planejamento, a análise diante de indicadores disponíveis no mercado, bem como a avaliação do custeio dos serviços em relação às referências de preços praticados (MATOS, 2002, p. 21).

Como suporte à gestão de custos estão presentes os métodos de previsão dos custos, estudos como de Ali Kahan e Marandi (2015), Smith et al (2015) fazem uso da regressão linear, além de Freishman e Cohen (2010) que fazem o uso da regressão logística como método de previsão de custos. Outros pesquisadores incorporaram o estado de saúde auto-relatada pelos pacientes aos modelos, baseado de ajuste de risco; é o caso de Pietz et al (2004) e Maciejewski et al (2005) que fizeram uso dessa avaliação para a melhora do desempenho dos modelos de previsão. Cao et al (2012) realizam a previsão da taxa de inflação dos custos médicos a partir dos modelos ARIMA e sequencialmente do RNA, onde verificou-se um substancial melhora da performance do modelo RNA se comparado ao primeiro.

Portanto, sendo os trabalhos encontrados na literatura voltados aos métodos de previsão, a gestão dos custos possibilita um vasto campo de pesquisa voltado para a aplicação de outras técnicas, assim como será tratado nesta pesquisa.

## 3 | METODOLOGIA BOX-JENKINS: MODELOS ARIMA

Difundida pela metodologia proposta Box e Jenkins (1976), os modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving-Average*) geram previsões através de informações contidas na própria série cronológica. Estes modelos baseiam-se em equações

contendo termos estocásticos (*stochastic linear difference equations*), em uma classe de equações lineares conveniente para a modelagem de previsões de séries temporais.

Ainda segundo Box e Jenkins (1976) e depois destacado por Werner e Ribeiro (2003), o emprego da metodologia se baseia em três parâmetros para a construção dos modelos ARIMA, são eles: autorregressivo (p) – número de termos do modelo que descreve a dependência entre observações sucessivas; diferenças (d) – avaliar o aspecto estacionário da série e em caso negativo realiza processos de diferenciação até alcançar a estacionariedade dos dados; e, médias móveis (q) – média aritmética que se baseia no impacto dos dados mais recentes da série. No modelo, assim que identificado esses componentes, os mesmos são descritos matematicamente como ARIMA (p, d, q).

Além disso, a partir da caracterização estacionária dos modelos, também é possível encontrar modelos que se caracterizam em termos autorregressivo (AR) e de médias móveis (MA), sendo estes modelos denominados de ARMA (p, q) ou, ainda, é possível identificar séries que expressam comportamentos descritos em termos (AR) ou (MA), individualmente. Em uma terceira situação, em caso da existência do comportamento sazonal dos dados da série, este também deve ser integrado ao modelo que, neste caso recebe a denominação de SARIMA (p, d, q) x (P, D, Q); onde os termos em letras maiúsculas referem-se aos parâmetros sazonais (BOX e JENKINS, 1976; WERNER e RIBEIRO, 2003; MORETTIN, 2002).

De forma geral, quando se faz referência a modelos ARIMA esses modelos estão sendo ajustados à série original. Já ao fazer-se referência a modelos ARMA, considera-se que a série é estacionária ou já passou pelo processo de diferenciação. Logo, supondo  $Y_t$  uma série já estacionária, os modelos ARMA (p, q) genericamente podem ser descritos como:

$$Y(t) = \theta_0 + \theta_1 \cdot Y_{t-1} + \theta_2 \cdot Y_{t-2} + \dots + \theta_p \cdot Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \cdot \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \cdot \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \cdot \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

Onde,  $Y_t$  é a variável dependente no tempo;  $Y_{t-1}$ ,  $Y_{t-2}$ , ...,  $Y_{t-p}$  as variáveis dependentes defasadas no tempo;  $\theta_0$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ , ...,  $\theta_p$  os coeficientes de autorregressão a ser estimados;  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$  refere-se aos coeficientes de médias móveis a ser estimados; e,  $\varepsilon_t$  representa o erro da previsão no tempo (BOX e JENKINS, 1976).

#### 4 | REDES NEURAIS ARTIFICIAIS (RNA)

Para os métodos quantitativos de previsão vistos até agora, suas aplicações se limitam a dados com aspectos paramétricos, ou seja, assumem como hipótese haver uma relação entre os valores da série que pode ser explicada por equações lineares, como é o caso dos modelos ARIMA. Há, contudo, comportamentos nas séries temporais que podem não ser corretamente explicada apenas por métodos paramétricos, sendo então necessária a aplicação de métodos não paramétricos para atender ao comportamento das funções não lineares (BADU e REDDY, 2014).

Conforme Haykin (1999), para o termo não paramétrico há a ausência (completa e/ou quase completa) de conhecimento a priori da função que está sendo estimada. Tal abordagem propicia o desenvolvimento de métodos baseados em Inteligência Artificial, sendo muitos estudos voltados para a aplicação de redes neurais artificiais (RNA) para a previsão séries temporais de demanda.

Em geral, uma RNA pode ser definida como uma matriz altamente conectada por processadores elementares com características funcionais inspiradas nos neurônios humanos. As RNA são consideradas ferramentas poderosas e flexíveis para modelos de previsão de séries temporais, desde que sejam bem definidas as variáveis de entrada, os recursos computacionais, bem como a seleção dos dados que serão utilizados como entrada e saída da rede (HAYKIN, 1999).

Zhang et al (1998) apresentaram uma revisão das principais práticas desenvolvidas nesta área para a previsão de demanda séries temporais. Para eles, a principal vantagem do uso de modelos RNA para previsão séries temporais é que os mesmos dispensam a necessidade de especificar um modelo para tratamento dos dados, devido a capacidade de aprender por intermédio de exemplos e fazer inferências sobre o que aprendeu, melhorando gradativamente o seu desempenho. Para isso, as redes neurais utilizam um algoritmo de aprendizagem cuja tarefa é ajustar os pesos de suas conexões.

## 5 | METODOLOGIA DE PESQUISA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a metodologia foi dividida em duas etapas, a primeira etapa é caracterizada como uma pesquisa bibliográfica que, de acordo com Gil (2010) é uma atividade importante para identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento da pesquisa em determinada área do conhecimento. Pelo uso da pesquisa bibliográfica, procura-se explicar um problema a partir de referências teóricas já publicadas. Nesta fase é abordado os aspectos relacionados as práticas de predição dos custos no ambiente hospitalar e em seguida é feito um estudo mais detalhado dos modelos de previsão a ser investigadas neste estudo (ARIMA, RNA e ARIMA-RNA).

Na etapa seguinte é feito uso de métodos quantitativos na elaboração dos modelos de previsão para o período de nove meses, referentes aos meses de janeiro/2015 a setembro/2015 que, posteriormente deverá ser comparado com dados reais disponíveis. Para tanto, é feito uso de dados históricos dos custos de internação pelo SUS, cujos dados foram coletados no período de janeiro/2013 – setembro/2015 (33 meses). As informações coletadas estão disponíveis no site do Ministério da Saúde e SUS (DATASUS, 2015), cujos dados foram filtrados em relação a região e cidade-UF: São Paulo – SP; especialidade: clínicas cirúrgicas; caráter de atendimento: urgência e eletiva; regime de atendimento: público. Tais filtros ocorreram, devido o expressivo percentual que estes custos representam ao custo total da saúde na cidade (CARNEIRO, 2013).

A metodologia de Box e Jenkins (1976) segue algumas etapas para a formulação do modelo matemático e determinação dos parâmetros. São descritas a seguir:

- a. etapa 1: identificação de modelos candidatos que melhor represente os comportamentos dos dados;
- b. etapa 2: definição dos parâmetros (p, d, q) do modelo, com base na Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação parcial (FACP);
- c. etapa 3: verificação e validação do modelo – avaliar o modelo quanto ao aspecto de estabilidade (raízes unitárias) e validação dos coeficientes (teste estatístico - valor p), parcimônia, resíduos na forma de ruído branco e homocedasticidade;
- d. etapa 4: inserção dos dados no modelo proposto.

Vale ressaltar que para o atendimento destas etapas, as mesmas foram desenvolvidas com o auxílio do software GRETLL 2015d, um programa específico para previsões e de disponibilidade gratuita na internet pelos seus desenvolvedores.

Para a previsão dos mesmos dados em RNA, fez-se uso de uma versão ‘demo’ do software XLM Predictor Excel® (2010) que, mesmo sendo uma versão gratuita com limitação de uso, atende as necessidades dessa pesquisa. Para isso os dados são primeiramente alimentados em uma planilha do Excel, os dados são inicialmente utilizados para treinar as redes neurais no XLM Predictor e em seguida gera o período de previsão estimado.

Já na fase de desenvolvimento do modelo híbrido, o mesmo segue procedimentos adotados por Rossi et al (2013). De modo que, em mãos das previsões individuais para cada modelo, procedeu-se a somatória do erro da previsão das redes neural aos dados obtidos com a previsão do modelo ARIMA (p, d, q). Tal como segue:

$$Mh = Sp (ARIMA) + (RNA) \quad (2)$$

Onde, Mh é o resultado do modelo híbrido no período em análise, Sp (ARIMA) é o valor do custo previsto para o período investigado e E (RNA) é o possível erro previsto para a previsão no período.

E para comparar os resultados do modelo híbrido proposto em relação ao desempenho individual dos modelos, é mensurado a acurácia das previsões. Esta medição consiste em avaliar a extensão do erro de previsão, ou seja, mensurar o distanciamento dos valores previstos pelo modelo em relação aos dados reais observados (MAKRIDAKIS et al, 1982; MAKRIDAKIS & HIBON, 2000). Dentre as possíveis técnicas, o cálculo do MAPE apresenta expressiva aplicação nos trabalhos encontrados na literatura, principalmente na literatura de previsão de demanda para o setor hospitalar (SUN et al, 2009 e JONES et al, 2008).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|R_t - F_t|}{R_t}}{n} \quad (3)$$

Após todo esse embasamento e procedimentos metodológicos, os resultados são apresentados na seção seguinte, onde serão avaliados os resultados a partir da avaliação de desempenho dos modelos.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo os procedimentos metodológicos Box-Jenkins (1976), na primeira etapa foi avaliado os modelos candidatos para prever os custos. Nessa etapa, realizou-se a análise do correlograma onde verificou-se a presença do aspecto de estacionariedade dos dados sem a necessidade de realizar diferenciação, ou seja,  $(d)$  corresponde a zero (0). Na determinação dos termos  $(p)$  e  $(q)$ , analisou-se o FAC e FACP do correlograma, formulando assim, um modelo final ARIMA (1,0,0), ou seja, a série de dados observados apresenta apenas comportamentos que exploram o aspecto autorregressivo dos parâmetros ARIMA.

No próximo passo é realizado o diagnóstico de resíduos com o intuito de validar o modelo ARIMA acima proposto. Para isso, é analisado se os resíduos apresentam aspecto de ruído branco, ou seja, sem memória, se são normalmente distribuídos e se é definido como homocedásticos (variância constante). De acordo com Monsuneto (2014), para testar a presença de memória, podem ser usados dois testes: o teste de Correlograma dos Resíduos e a estatística Ljung-Box.

Na aplicação dessas ferramentas de teste, também presente no GRETL, foi verificado que o modelo proposto ARIMA (1,0,0) não apresenta memória. Pela avaliação da distribuição dos resíduos, a partir do teste de normalidade, foi confirmado a distribuição normal dos resíduos, de modo que o modelo é capaz de realizar uma boa estimação para o conjunto de dados explorados. Além disso, é verificado e confirmado o aspecto de homocedasticidade dos dados, ou seja, variância constante, a partir do teste ARCH, sendo todos estes testes citados por Monsuneto (2014) como importante ferramenta de teste para validar o modelo de previsão.

Portanto, por meio dessa análise estrutural, o modelo proposto ARIMA (1,0,0) é um modelo significativo para estimar os custos de internações. E para uma avaliação final do modelo, verifica-se que o valor  $p$ , conforme apresentado na Figura 1, é significativo e por isso os coeficientes do modelo pode representar bem a população em estudo, conforme observado a seguir:

ARIMA (1,0,0)		
	Coeficiente	Valor $p$
Constante	5,63E+07	5,23e-254 ***
$\theta$	0,690671	1,34e-07 ***

Figura 1 – Dados gerais do modelo

Fonte: Os autores

Notas:

\*\*\* Coeficientes significativos para o nível de significância de 1%.

Para a previsão em redes neurais, diferentemente da previsão por meio do modelo ARIMA, não necessita da realização de testes estatísticos para validação de modelos, pois o método não desenvolve um modelo específico e a previsão é gerada a partir do treinamento da rede com os dados do período anterior à previsão. De modo geral, os dados reais juntamente com os dados da previsão, são apresentados na Figura 2, a seguir:

Ano/mês processamento	Valor total	ARIMA (1,0,0)	RNA	Modelo híbrido
				ARIMA-RNA
2013/1	R\$48.913.448,01			
2013/2	R\$45.645.850,84			
2013/3	R\$50.086.008,60			
2013/4	R\$54.810.363,87			
2013/5	R\$56.927.390,71			
2013/6	R\$52.993.787,65			
2013/7	R\$54.057.806,07			
2013/8	R\$59.278.728,67			
2013/9	R\$59.358.325,06			
2013/10	R\$58.710.060,21			
2013/11	R\$53.275.249,00			
2013/12	R\$48.650.624,97			
2014/1	R\$54.032.972,00			
2014/2	R\$54.848.262,89			
2014/3	R\$53.017.865,84			
2014/4	R\$58.763.489,91			
2014/5	R\$58.025.397,85			
2014/6	R\$56.214.917,07			
2014/7	R\$62.885.093,07			
2014/8	R\$63.561.983,55			
2014/9	R\$60.539.379,84			
2014/10	R\$61.467.612,67			
2014/11	R\$59.056.818,43			
2014/12	R\$55.906.024,89			
2015/1	R\$55.722.234,92	R\$56.023.329,38	R\$54.683.036,88	R\$57.062.527,42
2015/2	R\$54.529.266,34	R\$55.896.390,91	R\$54.575.510,63	R\$55.850.146,62
2015/3	R\$59.018.430,00	R\$55.072.441,62	R\$54.444.731,20	R\$59.646.140,42
2015/4	R\$57.914.542,04	R\$58.172.978,59	R\$56.310.662,15	R\$59.776.858,48
2015/5	R\$56.317.976,64	R\$57.410.554,75	R\$54.449.706,97	R\$59.278.824,42
2015/6	R\$59.011.498,15	R\$56.307.852,68	R\$56.689.525,43	R\$58.629.825,40
2015/7	R\$58.854.144,14	R\$58.168.190,96	R\$59.891.515,26	R\$57.130.819,84

Ano/mês processamento	Valor total	ARIMA (1,0,0)	RNA	Modelo híbrido
				ARIMA-RNA
2015/8	R\$63.645.757,30	R\$58.059.511,05	R\$60.294.077,39	R\$61.411.190,96
2015/9	R\$59.856.892,10	R\$61.368.941,24	R\$60.005.130,33	R\$61.220.703,01

Figura 2 - Dados da previsão para cada modelo

Fonte: Os autores

Após a previsão os dados foram graficamente comparados ao cenário real para uma avaliação preliminar da aproximação dos dados previstos aos dados coletados. Nesse sentido, é apresentado a seguir, o gráfico para o período de janeiro/2015 a setembro/2015:

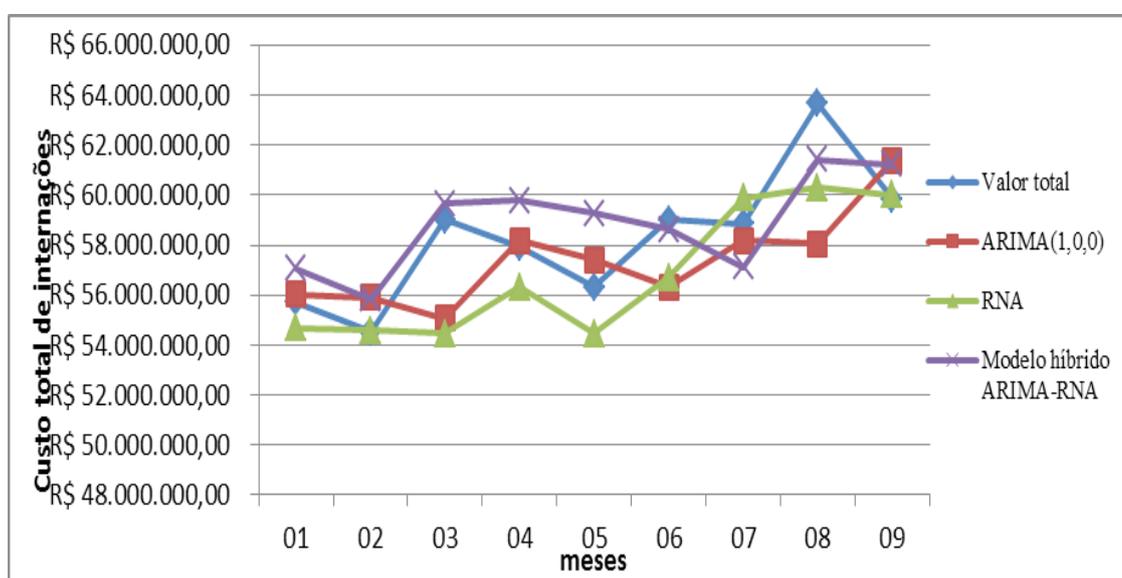


Figura 3 – Análise do comportamento dos dados

Fonte: Os autores

Para o auxílio da análise gráfica, a Figura 4 promove comparativo entre os resultados de previsão da série de custos de internação. O confronto entre o modelo ARIMA, RNA e o Modelo Híbrido são avaliados através do MAPE, cujos resultados estão destacados a seguir:

MAPE		
ARIMA (1,0,0)	RNA	Modelo híbrido ARIMA-RNA
0,0371	0,0292	0,0288

Figura 4 – Análise do desempenho de cada modelo

Fonte: os autores

Verifica-se que todos os modelos apresentam alto desempenho para estimar os custos, visto que o percentual de erro indicado no MAPE é menor que 5%. Além disso,

o resultado do modelo híbrido proposto responde à questão de pesquisa de modo satisfatório, ao mesmo tempo que atende ao objetivo proposto, visto que este modelo apresenta o menor percentual de erro, avaliado por meio do MAPE (2,88%). Logo, os resultados alcançados vão de encontro aos estudos de Badu e Reddy (2014) e Zhang et al (2003) que afirmam obter desempenho superior do modelo híbrido aos métodos tratados individualmente.

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da necessidade de obter boas estimativas do custo para auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, verifica-se que todos os modelos apresentaram resultados satisfatórios e por isso podem ser aplicadas na previsão de custos. Ao mesmo tempo que, em resposta a lacuna identificada, a aplicação do modelo híbrido ARIMA-RNA apresentou resultado superior em relação a aplicação individual destes, validando assim a aplicabilidade deste método para a previsão de custos hospitalares.

Outros aperfeiçoamentos ainda podem ser alcançados em uma possível sequência desta pesquisa, onde pode ser investigada variáveis externas que influenciam no comportamento dos custos e como estas se comportam ao ser incluídas ao modelo de previsão.

Trabalhos futuros com outros métodos de previsão não citados nesta pesquisa, sejam estes de baseados nos métodos tradicionais ou por meio de heurísticas, também podem ser apresentados ao mesmo conjunto de dados.

Como limitação desta pesquisa, o tempo foi o principal elemento restritivo, para que análises mais profundas fossem realizadas e a possibilidade de comparar o resultado com outros métodos apresentados na literatura.

## REFERÊNCIAS

ALI KHAN, D.; MARANDI, A. K. An impact of linear regression models for improving the software quality with estimated cost. **Procedia Computer Science**, vol. 54, p. 335-342, 2015.

BABU, C. N.; REDDY, B. E. A moving-average filter-based hybrid ARIMA-ANN model for forecasting time series data. **Journal Applied Soft Computing**, vol. 23, 2014, p. 27-38.

BOX, G. E. P., JENKINS, G. M. **Time series analysis: Forecasting and control**. Holden-Day: San Francisco, CA, p 85-95, 1976.

CAO, Q.; EWING, B. T.; THOMPSON, M. A. Forecasting medical cost inflation rates: A model comparison approach. **Decision Support Systems**, vol. 53, nº. 1, p. 154-160, 2012.

CONASS. **Para entender a gestão do SUS (Sistema Único de Saúde)**. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. Coleção ProGestores, 2007. Disponível em: [http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colecao\\_progestores\\_livro1.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colecao_progestores_livro1.pdf) Acessado em 15/03/2016.

Dados do SUS disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/sxuf.def>

Acessado em 01/12/2015.

FLEISHMAN, J. A.; COHEN, J. W. Using information on clinical conditions to predict high-cost patients. **HSR: Health Services Research**. Vol. 45, nº. 2, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5ª edição – São Paulo, Atlas, 2010.

HAYKIN, S. **Neural networks: a comprehensive foundation**. (2nd ed.) Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999.

HANKE, J. E; WICHERN, D. W. **Business forecasting**. 9ª ed. Upper Sadle River, NJ: Pearson Education, 2008.

JONES, S. S.; THOMAS, A.; EVANS, R. S.; et al. Forecasting daily patient volumes in the emergency department. **Academic Emergency Medicine**, vol. 10, p. 1-10, 2008.

KHASHEI, M.; BIJARI, M. A novel hybridization of artificial neural networks and ARIMA models for time series forecasting. **Applied Soft Computing**, vol. 11, p. 2664-2675, 2011.

MACIEJEWSKI, M. C.; LIU, C. F.; DERLETH, A.; et al. The performance of administrative and self-reported measures for risk adjustment of veteran's affairs expenditures. **Health Services Research**, vol. 40, p. 887–904, 2005.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and applications**. 3 ed., New York: John Wiley & Sons, 2008.

MAKRIDAKIS, S.; HIBOM, M. The M3-competition: results, conclusions and implications. **International Journal of Forecasting**, vol. 16, p. 451–476, 2000.

MAKRIDAKIS, S.; ANDERSEN, A.; CARBONE, R.; et al. The accuracy of extrapolation methods: results of a forecasting competition. **Journal of Forecasting**, vol. 1, p. 111–153, 1982.

MATOS, A. J. **Gestão de custos hospitalares: técnicas, análise e tomada de decisão**. São Paulo: Editora STS, 2002.

MONSUETO, S. E. **Curso de análise de séries temporais – modelo ARIMA material de apoio**. Faculdade de Administração – UFG, 2014.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de séries temporais**. 2 Ed. Edgard Bluncher, 2004.

NEWBOLD, P. ARIMA model building and the time series analysis approach to forecasting. **Journal of Forecasting**, vol. 2, p. 23–35, 1983.

PIETZ, K. C. M.; ASHTON, M.; MCDONNELL, M. et al. Predicting healthcare costs in a population of veteran's affairs beneficiaries using diagnosis-based risk adjustment and self-reported health status. **Medical Care**, vol. 42, p. 1027–35, 2004.

RIahi, N.; HOSSEINI-MOTLAGH, S; TEIMOURPOUR, B. A Three-phase Hybrid Times Series Modeling Framework for Improved Hospital Inventory Demand Forecast. **International Journal of Hospital Research**, vol. 2, n. 3, p.133-142, 2013.

ROSSI, D. J.; LOTUFO, A. P. D.; LOPES, M. L. M. **Previsão da velocidade dos ventos por redes neurais artificiais e ARIMA de Box & Jenkins**. Anais do Congresso de Matemática Aplicada e Computacional. CMAC – sudeste, 2013.

- SCHWEIGER, L.; YOUNGER, J.; IONIDES, E. et al. Autoregression models can reliably forecast emergency department occupancy levels 12 hours in advance. **Acad. Emerg. Med.**, 2007.
- SMITH, J.; BANKS, H.; CAMPBELL, H.; et al. Parameter heterogeneity in breast cancer cost regressions – evidence from five European countries. **Health Econ.**, vol. 24, p. 23-37, 2015.
- SOUZA, A. A.; XAVIER, A. G.; LIMA, L. C. M. Análise de Custos em Hospitais: Comparação entre os custos de procedimentos de urologia e os valores repassados pelo Sistema Único de Saúde. **ABCustos Associação Brasileira de Custos**, vol. 7, nº. 1, 2013.
- SUN, Y.; HENG, B. H.; SEOW, Y. T.; et al. Forecasting daily attendances at an emergency department to aid resource planning. **BMC Emergency Medicine**. Singapura, 2009.
- TANDBERG, D., QUALLS, C. Time series forecasts of emergency department patient volume, length of stay, and acuity. **Ann Emerg. Med.**, vol. 23, p. 299–306, 1994.
- TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistic**. 4. Ed. Needham Heights: Allyn & Bacon, p. 966-973, 2001.
- WANG, J. **On quantifying and forecasting emergency department overcrowding at Sunnybrook hospital using statistical analyses and artificial neural networks**. Thesis of masters, Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Canada, 2012.
- WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e Produção**, vol. 10, nº. 1, pp. 47-67, 2003.
- ZANG, G. P. Times series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. **Journal Neurocomputing**, vol. 50, p. 159-175, 2003.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-000-1

