

# 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  
Nicolás 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 SERVITIZAÇÃO 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  
Marcos 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**



## GESTÃO DE CUSTOS DA PRODUÇÃO

### Ivisson de Souza Tasso

Universidade Tecnológica, Federal do Paraná –  
UTFPR.

Londrina – Paraná

### Isabella Tamine Parra Miranda

Universidade Tecnológica, Federal do Paraná -  
UTFPR

Ponta Grossa – Paraná

### João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica, Federal do Paraná -  
UTFPR

Ponta Grossa – Paraná

teve o objetivo de descobrir e comentar sobre as ferramentas mais utilizadas na Gestão de Custos da Produção utilizando-se dos periódicos da CAPES, numa pesquisa bibliométrica para tal. Como resultado foram encontrados os custeios de: absorção, variável, baseado nas atividades (abc), padrão e alvo. Todas essas ferramentas têm vantagens competitivas na formação do preço e fornecem dados para os gestores, o que facilita na tomada de decisões. A escolha da melhor ferramenta dependerá dos objetivos e funcionamento de cada empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de custos, Custos de produção, Formação de preço.

**RESUMO:** Em mundo globalizado, onde muitos têm acesso à informação de forma instantânea e o número de fornecedores está cada vez maior, a pesquisa de preço está a distância de um computador e/ou smartphone. Com essa facilidade, a competitividade torna-se cada vez mais acirrada e essa prática tem chamado a atenção dos gestores das empresas, os quais se preocupam cada vez mais querendo ter os produtos mais procurados. Sabe-se que um dos fatores de maior impacto na hora da escolha pelo consumidor é o preço do produto acabado, com isso, a produção torna-se de suma importância para essa formação de preço, já que ela controla e acumula boa parte dos gastos realizados desse produto. Observando a importância da produção no preço, a pesquisa

**ABSTRACT:** In a globalized world, where many people have access to information instantly and the number of suppliers is even bigger, the pricing research is at the distance of a computer or smartphone device. With this facility, competitiveness has become fierce and such practice has drawn the attention of the managers of the companies, which are increasingly concerned about having their products on user's researches. It's known that one the highest impact factors on consumers choice is the price of the finished product, therefore, its production becomes very important for the price formation, since it controls and accumulates most expenses of the product. Observing the importance of the production on

pricing, the research aims to discover and comment on the most used tools on the Production Costs Management, based on CAPES periodicals. As a result, it was found the expenditures to: absorption, variable, based on activities (ABC), standard and target. All these tools have competitive advantages on the price formation and provide data for the managers, which makes it easy on decision-making. The choice of the best tool will depend on the goals and the operation of each company.

**KEYWORDS:** Costs Management, Costs Production, Price formation

## 1 | INTRODUÇÃO

No cenário atual, onde o acesso a informação é fácil e rápido, ter diferenciais competitivos é de suma importância para a sobrevivência de qualquer tipo de empreendimento. O consumidor final procura vantagens como produtos de qualidade, melhor preço, valor agregado, dentre outros.

Com toda essa necessidade os gestores buscam obter todo e qualquer tipo de diferencial, mas sabem que um dos fatores que mais exercem efeito sobre o consumidor final é o preço do produto. Com o objetivo de se ter produtos competitivos o custo tem sido avaliado em todos os processos, desde a aquisição até seu preço para o consumidor final.

Formar esse preço não é uma tarefa simples devido aos inúmeros custos que devem ser embutidos no preço final, além da necessidade de se obter lucro satisfatório para a sobrevivência do empreendimento e satisfação do empreendedor. Descobrir qual a melhor método também tem seus complicantes, existem inúmeras ferramentas para formar esse custo e chegar a um preço final adequado.

Um preço final competitivo é obtido através de várias medidas como pesquisa de preço de matéria-prima, controle dos valores de frete, impostos e os custos de produção. A produção é de suma importância na quantificação dos gastos e percebendo-se desta importância na formação de preço o objetivo desta pesquisa é avaliar como é feita a gestão de custos de produção, através de uma pesquisa bibliométrica junto ao portal de periódicos da CAPES.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Desde o século XX, pode-se notar a preocupação dos gestores com a formação dos preços de seus produtos e serviços, pois dentre as atribuições gerenciais de maior relevância em uma empresa, este processo se destaca devido ao seu caráter estratégico. De fato, o preço de um produto pode quantificar, através do valor de um produto acabado, todos os custos embutidos no processo de transformação que começa a partir da modificação da matéria prima até o término do processo de fabricação e distribuição. Com o elevado crescimento da concorrência entre as empresas e o

aumento da necessidade de garantir recursos a fim de custear suas operações e remunerar seus integrantes, as organizações buscam, cada vez mais, otimizar a utilização desses valores. Nesse âmbito, um dos principais objetivos organizacionais que preocupam as entidades neste cenário, tem sido a prática de políticas que sejam adequadas para a formação de preços de seus produtos e serviços, visando dar um passo a frente da concorrência, mantendo uma solidez satisfatória e assegurando a empresa no mercado (BRUNI, 2010).

## 2.1 Formação de preço

A formação do preço de vendas é ferramenta de extrema importância na empresa principalmente do ramo industrial, onde busca-se através de um estudo de toda produção, analisando vários fatores, estipular o valor do produto, onde tenha uma grande força de mercado, ou seja, possa estabelecer um preço com boa concorrência sendo satisfatório para o gestor mais que também esteja ao alcance do consumidor (BRUNI; FAMÁ, 2009).

Estabelecer um preço de venda adequado e favorável não é uma atividade das mais simples, pois nela conglomeram-se inúmeros fatores distintos, sendo o custo a variável que pondera no processo de precificação, este ajuda na avaliação contábil que gera informações vantajosas, pontuando na criação de estratégias que serão adotadas pela empresa nos processos decisórios e no discernimento dos dispêndios (SILVA *et al*, 2014).

Horngren et al (2004) citam como três as questões que influenciam direta ou indiretamente na formação dos preços de venda. Estas são:

- a. Clientes: Estes influenciam o preço à medida que promovem a demanda por um produto ou serviço. Por conta disso, as empresas precisam sempre avaliar as decisões de precificação a partir da ótica dos clientes. Isto significa formar o preço a partir do que o cliente está disposto a pagar. Essa ótica é extremamente subjetiva e de difícil mensuração, pois pressupõe uma pesquisa de mercado com os consumidores.
- b. Concorrentes: É necessário que as empresas estejam atentas às ações de seus concorrentes. Os mesmos produtos em outros concorrentes e até mesmo produtos alternativos ou substitutos podem afetar a demanda por produtos e serviços da empresa. Por conta disso, a ótica dos concorrentes é uma possibilidade para formação do preço de venda, onde a empresa procura formar o preço de seus produtos e serviços a partir dos preços praticados pelos concorrentes.
- c. Custos: Os custos influenciam a oferta de produtos e serviços, pois quanto mais baixo for o custo em relação aos preços pagos pelo cliente, maior será a capacidade de fornecimento por parte da empresa. Gestores que entendem o custo de seus produtos e serviços são capazes de estabelecer

preços atrativos e obter retornos operacionais desejáveis. Nesta ótica a empresa forma o preço a partir dos custos, adicionando uma margem de ganho desejada pela empresa.

O processo do preço de venda abrange uma grande quantidade de gastos que são fundamentais para sua produção, deste modo podemos observar que a empresa dependerá de seus métodos de custeio para que possa ter uma abordagem mais detalhada dos custos e no sistema de produção, auxiliando os gestores no planejamento, controle e na tomada de decisão (CREPALDI, 2011).

De acordo com Silva (2008) as razões para se implementar um sistema de custos estão intimamente correlacionadas às tomadas de decisões gerenciais, devendo o sistema funcionar como base sólida e transparente para essas decisões. A gestão dos custos para Santos (2004) é a ferramenta que identifica e analisa como estão sendo alocados os custos aos produtos.

Segundo Soares *et al* (2012) a Gestão de Custos é uma ferramenta importante que indicara quais os investimentos serão necessários para que o produto que esteja sendo fabricado forneça lucro satisfatório além de ajudar nas tomadas de decisões da empresa.

Santos *et al.* (2002) diz que a análise dos custos possibilita auxiliar na organização e controle da unidade de produção, revelando as atividades de maior e menor custo, oferecendo bases para a projeção dos resultados. O mesmo autor define sistemas de custos como um conjunto de procedimentos administrativos que registra, de forma sistemática e contínua, a efetiva remuneração dos fatores de produção empregados nos serviços.

Crepaldi (2011) comenta que a estrutura de custos existente constitui um fator decisivo na formação do preço de venda de um produto, mercadoria e serviço, normalmente o custo tende a funcionar como o parâmetro que estabelece o limite inferior do preço de venda.

Horngren *et al* (2011) apontam como razões principais que conduzem uma empresa ao aprimoramento de seu sistema de custeio as mudanças advindas da economia moderna, com destaque para a concorrência, que pressupõe que as empresas sejam cada vez mais competitivas. Com intuito de melhorar o resultado da produção, as empresas buscam alternativas de melhor utilizar os materiais para os diversos produtos de fabricação, com isso surgiram as dificuldades de saber quanto cada produto se destina a utilizar desse material.

Segundo Kaplan e Cooper (2000), as empresas utilizam sistemas de custos aperfeiçoados para:

- Projetar produtos e serviços que correspondam às expectativas dos clientes e possam ser produzidos e oferecidos com lucro;
- Sinalizar onde é necessário realizar aprimoramentos contínuos ou descontínuos (reengenharia) em qualidade, eficiência e rapidez;

- Auxiliar os funcionários ligados à produção nas atividades de aprendizado e aprimoramento contínuo;
- Orientar o *mix* de produtos e decidir sobre investimentos;
- Escolher fornecedores, negociar preços, características de produtos, qualidade, entrega e serviço com clientes; e
- Estruturar processos eficientes e eficazes de distribuição e serviços para os mercados e público-alvo.

Medeiros *et al* (2005) ressaltam que os gerentes que compreendem como os custos se comportam têm melhores condições de prever qual será a trajetória dos custos em diversas situações operacionais, podendo planejar melhor sua atividade e, conseqüentemente o resultado do período.

Existem diversos métodos de apropriação de custos e cada um emprega diferentes critérios. Cada um desses métodos possui campos de aplicação específicos, podendo-se dizer que um não substitui o outro, mas se complementam (MEGLIORINI, 2001).

Martins e Rocha (2010) afirmam que o método de custeio utilizado para mensuração dos custos deve apoiar a tomada de decisão dos gestores em cada situação da forma mais adequada as suas necessidades.

A gestão de custos engloba diferentes aspectos, quando focado na produção pode-se dizer que é a administração dos gastos para produzir um ou mais bens já que por definição gestão significa gerenciamento e/ou administração, custos é o gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens e produção a o processo é a fabricação/manufatura.

Com a intenção de investigar a gestão de custos na produção foi realizada uma pesquisa bibliométrica junto a plataforma CAPES. Foram utilizadas as associações das palavras chaves: “Gestão de custos” e “custos de produção” e “formação de preço”. Sob esse aspecto foram avaliados os artigos encontrados e os tipos de custos mais citados para ver quais tratavam técnicas de custos na produção. As ferramentas encontradas com essas associações foram:

- Custeio por absorção;
- Custeio variável;
- Custeio baseado nas atividades (abc);
- Custeio Padrão;
- Custeio alvo.

Com base nisso iremos descrever as características de cada ferramenta.

## 2.2 Custeio por absorção

De acordo com o estudo Sato (2008) o sistema de custeio por absorção consiste na verificação de todos os custos envolvidos da produção dos bens ou serviços prestados, sejam eles fixos ou variáveis. Portando além dos custos de produção

como matéria prima, mão de obra e outros, os custos indiretos como manutenção, planejamento, controle de qualidade também são rateados dentro do custo do produto seguindo o critério estabelecido pela empresa.

Neves e Viceconti (2003) definem custeio por absorção como um processo de apuração de custos cuja finalidade está em ratear todos os seus elementos, tanto fixos como variáveis, em cada fase da produção, sendo assim, um custo será absorvido quando for atribuído a uma atividade ou a um produto específico.

Para Megliori (2006) o custeio por absorção é caracterizado por apropriar custos fixos e custos variáveis aos produtos. Desse modo, os produtos fabricados “absorvem” todos os custos incorridos no período.

Moura (2005) destaca que a principal vantagem do custeio por absorção é que ele está de acordo com os Princípios Fundamentais de Contabilidade e com as leis tributárias. Ele também pode ser menos oneroso para sua implantação, pois não existe necessidade de separação dos custos fixos e variáveis.

A principal limitação do método de custeio por absorção, segundo Eyerkauffer et al. (2007), é a atribuição de todos os custos aos produtos ou serviços, por meio de critérios, muitas vezes arbitrários, tais como os chamados rateios, que consistem na apropriação de determinado custo a um produto, baseado em referências como hora máquina, hora mão-de-obra, entre outros. Os critérios de rateio, se utilizados de forma indevida, poderão gerar resultados finais inconsistentes, ou seja, determinação de valores não condizentes com o verdadeiro custo de um produto.

Esse tipo de custeio normalmente é utilizado em empresas que têm fluxo contínuo de produção, como Coca-Cola (refrigerantes), Sherwin-William (tintas) e Dow Chemical (produtos químicos) (MAHER, 2001). Este custeio está presente nas grandes manufactureiras, porque atende a chamada produção contínua, caracterizada pelo processo produtivo de inúmeras atividades (PACHECO; CALARGE, 2005)

Martins (2010) explica a metodologia de aplicação do custeamento por absorção por meio de três passos básicos: 1º passo - Separação entre custo e despesas, uma vez que despesas não podem ser alocadas aos produtos, pois pertencem ao período em que incorrem. 2º passo - Apropriação dos custos diretos, por meio da identificação dos custos que estão diretamente relacionados com os produtos. 3º passo - Apropriação dos custos indiretos, por meio de bases de rateio, já que estes custos não são identificáveis diretamente aos produtos.

### **2.3 Custeio variável**

O Custeio Variável fundamenta-se na ideia de que os custos e despesas inventariáveis são aqueles identificados diretamente com a atividade produtiva e que sejam variáveis em relação a uma medida, como o volume, dessa atividade (LEONE, 2000). O Custeio Variável também conhecido por Custeio Direto, é identificado assim pois esse método significa apropriação de todos os custos variáveis diretos ou indiretos.

Custeio Direto pode dar a impressão de que só se apropriaram os custos diretos, mas isso não é verdade (PONTE; RICCIO; LUSTOSA, 2000).

Segundo Martins (2010), o Custeio Variável aloca apenas os custos variáveis aos produtos, separa os custos fixos e os considera despesas que irão compor o resultado. O estoque só representará os custos variáveis de produção. A adoção deste método se faz em função da existência de custos fixos independentemente da fabricação ou não do produto. A distribuição à base de rateio que contém um maior ou menor grau de arbitrariedade e o valor do custo fixo por unidade depende do volume de produção, aumentando o volume tem-se um custo de produção menor por unidade. Custos dos produtos são, exclusivamente, os custos variáveis no Custeio Variável. Custos fixos, mesmo que sejam custos diretos, são reconhecidos como encargos do período (MARTINS; ROCHA, 2010). Megliorini (2001) cita definição semelhante do deste custo dizendo que neste método os produtos receberão somente os custos decorrentes da produção, isto é, os custos variáveis (matéria-prima, embalagem), Os custos fixos (aluguel, limpeza), por não serem absorvidos pela produção, são tratados como custos do período.

Para Brunstein (2005), no Custeio Direto ou Variável os custos fixos são custos de período e não mantêm relação com as atividades do período. Eles estão associados a aspectos de flexibilidade, tempo de resposta, eficiência, qualidade e condição de prontidão para o sistema operar, enquanto os custos variáveis são os insumos gastos para transformá-los em produtos.

Beulke e Bertó (2005) afirmam que no Custeio Direto não existe o conceito de custo total e o resultado do produto, existe um custo variável e uma margem de contribuição do produto, mercadoria ou serviço. A margem de contribuição decorre da confrontação entre o preço de venda com o custo e despesa variável do produto. A existência da margem de contribuição ocorre quando o preço de venda é maior que o custo variável e se pode afirmar que a margem de contribuição é a parcela com que cada produto contribui para cobertura dos custos e despesas fixas.

Para Moura (2005), as vantagens do Custeio Direto estão relacionadas à geração de informação para tomada de decisão, em permitir extrair a margem de contribuição e na não adoção de critérios de rateio para apropriação de custos fixos. O sistema de Custeio Variável traz um conceito muito importante, o da margem de contribuição, que é a diferença entre as receitas e os custos e despesas variáveis, significando a sobra gerada pelas vendas suficiente para cobrir os custos e despesas fixas e formar o resultado da empresa (CAVENAGHI et al., 2006). Souza e Clemente (2007) entendem que o Custeio Direto é um método que destaca o peso da estrutura organizacional e produtiva da empresa e força o confronto entre a capacidade instalada e o nível de atividade, orientando a elaboração de estratégias que buscam otimizar o uso dessa estrutura.

Souza e Clemente (2007) definem o custo da estrutura como o total dos custos e despesas fixas e afirmam que quando confrontados com a margem de contribuição

unitária indicam o volume mínimo de vendas para cobrir todos os custos da empresa. Apenas os custos variáveis, diretos ou indiretos são apropriados aos objetos de custeio no Custeio Variável. Os custos fixos compõem o resultado do exercício e não integram os custos dos produtos ou serviços produzidos pela empresa (MUNARETTO; DIEDRICH, 2007).

## 2.4 Custeio baseado nas atividades (ABC)

O custeio ABC (*Activity Based Costing*) insere-se nas novas filosofias de gestão que têm sido desenvolvidas nos últimos anos, tendo sido especialmente desenvolvido para indústrias com fabricações complexa (ALMADA, 2008)

O custo ABC é um método de custeio baseado nas atividades, o que significa que o cálculo de custos assenta na análise das atividades desenvolvidas pela empresa, por serem estas os verdadeiros fatores geradores de custos. Assim, as atividades constituem o primeiro objeto de cálculo de custo. Os custos destas atividades são imputados a outros objetos de custo, tais como produtos, serviços, encomendas, segmentos de mercado, clientes ou projetos, sendo esta imputação efetuada com base na utilização que estes objetos de custo nas atividades. (Rodrigues, 2004)

O custeio ABC baseado nas atividades que a empresa efetua no processo de fabricação de seus produtos, este método permite uma melhor mensuração dos custos, primeiramente os recursos são atribuídos a cada atividade, depois as atividades a cada objeto de custo com base no seu uso, ou seja, reconhece os responsáveis pelos custos das atividades e minimiza as distorções pelo uso do rateio da lógica da absorção de custos (MEGLIORINI 2006).

Os benefícios do método, segundo Figueiredo (2014) se dão pelo fato deste não se limitar a identificar qual o custo do produto, mas apresentar a possibilidade de custear todas as atividades que são desenvolvidas na empresa, dessa forma permite uma visão de quais delas podem ou precisam melhorar e até serem eliminadas do processo produtivo. Assim, o ABC pode otimizar o desempenho da entidade, trazendo informações mais precisas, pois o método ao invés de utilizar o rateio na segregação dos gastos utiliza direcionadores de custos, os *cost drivers*.

## 2.5 Custeio Padrão

Martins e Rocha (2010) afirmam o custeio padrão terá uma maior capacidade de gerar informações mais precisas, de acordo com o produto que esteja na linha de produção, fornecendo informações reais, de modo que possa estabelecer uma comparação das informações que possibilitará aos gestores visualizar se as metas traçadas estão sendo alcançadas com êxito.

Esse método de custeio constitui-se numa ferramenta que depende de outros sistemas para que sejam confrontadas as informações desse método que mostrará aos gestores uma maior visão dos gastos reais com os que foram pré-estabelecidos na



organização, para que as empresas tenham resultados positivos dos seus negócios, pois atualmente o gestor deve da muita importância há esses métodos para que assim possa ter um posicionamento e posicionar-se estrategicamente para enfrentar a concorrência e buscar a excelência no que se refere a gestão de custos de uma organização (SILVA, 2014).

Segundo Trevisan & Associados (1992), o objetivo principal da utilização do sistema de custeio padrão é o controle dos custos, ou seja, com base nas metas fixada para condições normais de trabalho é possível: apurar os desvios do realizado em relação ao previsto; identificar as causas dos desvios; adotar as medidas corretivas para não-reincidência de erros ou para melhoria do desempenho, ou seja, o custo padrão é o custo planejado de um produto, segundo condições de operação correntes e/ou previstas.

Silva (2014) cita que este custeio baseia-se nas condições normais ou ideais de eficiência e volume, especialmente com respeito à despesa indireta de produção, que a partir desses levantamentos podemos afirmar, que a análise desses métodos de custeio e de fundamental relevância em uma determinada empresa no intuito de um melhor processamento de informações onde mostram aos gestores de uma forma mais detalhada sobre os custos de produção e auxiliando a desenvolver estratégias que visam a obtenção de vantagem competitiva sobre o mercado e um melhor gerenciamento desses custos, exigindo assim uma melhor captação de recursos para que os gestores possam alcançar seus objetivos de forma detalhada e com um melhor controle de produção.

## 2.6 Custeio alvo

De acordo com Sakurai (1991) e novamente citado por Nascimento (2014) o custeio alvo foi criado pela empresa Toyota em 1965 no Japão e com contribuições de empresas como Sony, Nissan e Sharp, o Custeio Alvo (Target Costing) foi desenvolvido por meios não acadêmicos, sendo adotado por mais de 80% da indústria Japonesa.

Segundo Rocha e Martins (1998) O Custo-alvo é o custo máximo admissível de um produto para que, dado o preço de venda que o mercado oferece, seja possível alcançar o nível de rentabilidade desejada. Em outras palavras, é o montante de custo no qual a produção pode incorrer e ainda obter o lucro para determinado produto (PETER *et al*, 2001).

Ansari, Bell e Okano (2007) contribuem afirmando que o Custeio Alvo é o resultado da subtração do preço alvo pelo lucro alvo, sendo que as variáveis independentes preço alvo, o quanto os clientes estão dispostos a pagar, e lucro alvo, retorno exigido pelo investidor, são exógenas enquanto a variável Custo Alvo é endógena, está ligado a performance.

Para Lin et al. (2005), desde o início da década de 90, as empresas chinesas implantaram o Custeio Alvo integrando a um sistema de compensação de incentivos,

o que fomentou grande vantagem competitiva. Entretanto, a despeito do histórico de sucesso relatado em inúmeras firmas ao redor do globo, muitos gestores tendem a subestimar o poder do Custeio Alvo, encarando-a como uma ferramenta de redução de custos em detrimento de sua amplitude estratégica (ANSARI; BELL; OKANO, 2007).

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi pesquisar a gestão de custos da produção utilizando dados existentes na plataforma de periódicos da CAPES. Foram utilizados todos os tipos de periódicos, independente da época e com associação entre as palavras chaves “gestão de custos”, “custos da produção” e “formação de preço”.

A partir dessa pesquisa foi possível identificar que as ferramentas de custeio que tem associação com a produção são os custeios por: absorção, variável, baseado nas atividades (abc), padrão e alvo. Cada custo tem sua peculiaridade e valor.

O custo por absorção apropria todos os custos (fixos e variáveis), incorridos nessa parte, o custo variável atinge somente os custos com matéria-prima e produção. Já no custeio por atividade o custo é rateado por atividade e a cada objeto minimizando as distorções, o custo padrão trabalha com um custo ideal a ser alcançado e por último, mas não menos importante o alvo no qual o custo é feito a partir do preço ofertado no mercado.

Com esse estudo percebe-se que todos os custos possuem vantagens significativas dentro da empresa de manufatura, assim como que o custo que melhor se adequa deve atender as peculiaridades da empresa. Vale como sugestões para pesquisas futuras a pesquisa de campo em empresas para avaliar qual a gestão de custo que mais se adequa a realidade da empresa tentar criar um padrão avaliando porte, tipo de produção, idade média, dentre outros.

### REFERÊNCIAS

ARBAGE, A.P. **Economia rural: conceitos básicos e aplicações**. Chapecó: Universitária Grifos, 2000. 305p.

ALMADA, A.R.S. **Concepção de uma ferramenta de acompanhamento industrial**. 09 de agosto de 2008. 78 p. Dissertação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

ANSARI, S.; BELL, J.; OKANO, H. **Target Costing: Uncharted Research Territory**. Handbook of Management Accounting Research. Amsterdam: Elsevier Ltd, 2007.

BEULKE, R.; BERTÓ, D. J. **Gestão de custos**. São Paulo: Saraiva, 2005.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de Custos e Formação de Preços: com Aplicações na Calculadora Hp 12c e Excel**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2009.

BRUNI, A. L. **Administração de Custos, preços e lucros**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

- BRUNSTEIN, I. **Economia de empresas: gestão econômica de negócios**. São Paulo: Atlas, 2005.
- CAVENAGHI, V.; PRUDENCIATO, W.; TOLEDO, J. C. S.; MARQUESINI, A. G. **Estudo para a utilização do método de custeio variável no gerenciamento de custos**. In XII SIMPEP, Bauru, 2006. Anais... FEB: Bauru, 2006.
- CREPALDI, S. A. **Contabilidade gerencial: teoria e prática**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- EYERKAUFER, M. L. et al. **Métodos de custeio por absorção e variável na ovinocultura decorte: estudo de caso em uma cabanha**. Organizações Rurais & Agroindustriais, v. 9, n. 2, p. 202-215, 2007.
- FIGUEIREDO et al. **Aplicação do custeio abc na geração de informações para a tomada de decisão: um estudo de caso em uma indústria têxtil do estado da Paraíba**. XXI Congresso Brasileiro de Custos – 2014.
- HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1978. 325p.
- HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos: uma abordagem gerencial**. 11ª. Edição. São Paulo: Pearson-Prentice Hall, 2004.
- HORNGREN, C. T. et al. **Contabilidade de custos**. Tradução da 9ª ed. por José Luiz Paravato – Rio de Janeiro: LTCA, 2000.
- KAPLAN, R. S; COOPER, R. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser competitivo**. São Paulo: Futura, 2000.
- LEONE, G. S. G. **Curso de contabilidade de custos**. 2. ed., São Paulo, Atlas, 2000.
- LIN, T. W., et al. **Target costing and incentive compensation**. Cost Management, v. 19, n. 2, p. 29-42, mar/apr, 2005.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTINS, E.; ROCHA, W. **Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2010.
- MEDEIROS, O. et al. **Testes empíricos sobre o comportamento assimétrico dos custos nas empresas brasileiras**. Revista Contabilidade e Finanças - USP, n. 38, p. 47-56, mai/ago. 2005.
- MEGLIORINI, E. **Custos**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2001. 193 p.
- MEGLIORINI, E. **Custos – Análise e Gestão**. 2ª ed. São Paulo: Prentice, 2006.
- MOURA, H. S. **O custeio por absorção e o custeio variável: qual seria o melhor método a ser adotado pela empresa?** Sitientibus, n.32, p.129-142. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia: Jan./Jun. 2005.
- MUNARETTO, L. F.; DIEDRICH, M. **Custeio variável integrado ao custeio baseado em atividades: estudo de caso em indústria de embalagem para presentes**. Revista Universo Contabil, Blumenau, v.3, n.1, p. 70-86, Jan./Abr.2007.
- NASCIMENTO, J. C. H. B. et al. **Análise da progressão do conhecimento sobre Custeio Alvo: uma análise bibliométrica dos artigos apresentados nas 19 edições do Congresso Brasileiro de Custos**. Custos e @gronegocio Online , v. 10, p. 350-373, 2014.

- NEVES, S.; VICECONTI, P.E.V. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Frase Editora, 2003. 272 p.
- PONTE, V. M. R.; RICCIO, E. L.; LUSTOSA, P. R. B. **Uma análise comparativa entre a “contabilidade de ganhos - throughput accounting” e o “método do custeio variável”**. In: VII Congresso Brasileiro de Custos, Anais... São Paulo, ABC, 2000
- REGINATO, L.; COLLATTO D. C. **Método de custeio variável, custeio direto e teoria das restrições no contexto da gestão estratégica de custos: um estudo aplicado ao Instituto de Idiomas Unilínguas**. In: XII Congresso Brasileiro de Custos, Anais... Florianópolis, ABC, 2005.
- RODRIGUES, H.L. **Breve análise sobre o método ABC**. Revista dos Técnicos Oficiais de Contas, Vol. 48, p. 48-57
- SANTOS, G. J.dos. et al. **Administração de custos na agropecuária**. Editora Atlas, 2002. 165 p.
- SANTOS, V.S. et al. **A Utilização da Ferramenta de Gestão de Custos na Formação do Preço de Venda**. VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004
- SATO, S.A.S. **A aplicação dos métodos de custeio e dos princípios fundamentais de contabilidade para a mensuração do lucro**. São Paulo. Atlas 2008.
- SCHERER, O.L.S. **Comparativo e análise do sistema de custeio por absorção e o ABC: estudo de caso propondo método de integração em empresa do ramo metalúrgico**. 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- SILVA, B. A. **Custos e Estratégias de Gestão**. Apostilado de pós-graduação, 2008.
- SILVA, et al. **Gestão de custos como ferramenta de planejamento e controle: um estudo no Jornal Gazeta do Oeste em Mossoró-RN**. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2014, NATAL-RN. XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2014.
- SOARES, K.G.R. et al. **Um estudo de caso sobre a gestão de custo em uma micro empresa de descartáveis diversos**. IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012.
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Gestão de custos: aplicações operacionais e estratégicas**. São Paulo: Atlas, 2007.
- TREVISAN & ASSOCIADOS. **Custo padrão e contabilidade de custo padrão**. In: CONSELHO REGIONAL DE CONTABILIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Curso sobre contabilidade de custos. São Paulo: Atlas, 1992.
- VIANA, J. G. A; Silveira, V. C. P. **Custos de produção e indicadores de desempenho: Metodologia aplicada a sistemas de produção de ovinos**. Custos e @gronegocio on line – v. 4, n. 3 – Set/Dez – 2008. <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/metodosdecusteio.htm>>, acesso em 09/05/2016 as 11:00.

## A RELEVÂNCIA DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL PARA A TOMADA DE DECISÃO NAS EMPRESAS DE FRANCISCO BELTRÃO.

**Andressa Bender**

(Unipar)

Bom Jesus do Sul - Paraná

**Robson Faria Silva**

(PUC/PR)

Francisco Beltrão-Paraná

**RESUMO:** O artigo objetiva apresentar a relevância da informação contábil, com ênfase em relatórios e demonstrações contábeis para o processo decisório nas empresas do município de Francisco Beltrão, Estado do Paraná. Para o alcance do objetivo, a pesquisa realizou-se através de revisão literária sobre o tema apresentado e posteriormente foi-se a campo, em busca de estabelecer relação entre o referencial teórico e a realidade das organizações beltronenses. Este estudo exploratório contou com população de 52 proprietários de escritórios contábeis, todos bacharéis em ciências contábeis, obtendo como amostra de 09 respondentes na parte inicial e 08 na parte posterior da pesquisa, que se deu através de envio de questionário, contendo perguntas fechadas, com classificação numérica, sendo que a demonstração dos dados realizou-se por meio quantitativo. Como resultado, relacionou-se a utilização de demonstrativos e relatórios contábeis no processo de tomada de decisão nas empresas beltronenses. Com a pesquisa,

foi constatado que a maioria dos contadores acredita que os administradores confiam nas informações contábeis a eles fornecidas para processo decisório, utilizando-as para projeções futuras e comparação com empresas do mesmo setor, mas principalmente para proteção legal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Relevância - Informação - Decisão.

**ABSTRACT:** The paper aims to present the relevance of accounting information, with emphasis on reports and financial statements for decision-making in enterprises in the municipality of Francisco Beltrão, State of Parana. To reach the goal, the research was carried out through literature review on the topic presented and later was to field, seeking to establish the relationship between the theoretical and the reality of beltronenses organizations. This exploratory study was a population of 52 owners of accounting offices, all bachelors in accounting, obtaining as a sample of 09 respondents in the first part and 08 in the rear of the research, which was done through a questionnaire sent, with closed questions, with numerical rating being the demonstration of the data was performed by quantitative means. As a result, related to the use of statements and accounting reports in the decision-making process in beltronenses companies. Through research, it was found that most accountants

believe that administrators rely on accounting information provided to them for decision-making, using them for future projections and comparison with peer companies, but mainly for legal protection.

**KEY-WORDS:** Relevance - Information - Decision.

## 1 | INTRODUÇÃO

A utilização da informação tem se tornado um recurso de suma relevância nas empresas para o processo de tomada de decisão, devido ao processo decisório apresentar-se cada vez mais complexo, sendo que a utilização da tecnologia para a apresentação de informações e para a tomada de decisão por parte dos administradores tem sido cada vez mais relevante. Sua boa utilização pode significar muitas vantagens competitivas para estas organizações, devido ao rol de informações que podem ser apresentadas, desde relatórios básicos da própria empresa até relatórios financeiros de empresas concorrentes no mercado, facilitando desta forma o processo decisório por parte dos administradores.

A contabilidade constitui-se como uma das principais fontes informacionais para as empresas, sendo a ciência responsável pelo processo de mensuração, bem como de registro e comunicação dos fatos que envolvem a atividade empresarial (CARVALHO e NAKAGAWA, 2004), conforme Baurem (2000), surgindo como ferramenta para suprir a necessidade informacional os gestores, de modo a capacitá-los para o alcance dos objetivos organizacionais através do uso eficiente de seus recursos, permitindo a coleta, processamento e o relato de informações que servirão de base para o processo de decisão, tanto operacional quanto administrativo.

O presente artigo possui sua estrutura dividida em referencial teórico, no qual foram apresentadas informações referentes às demonstrações contábeis obrigatórias, assim como as características presentes nas informações contábeis fornecidas aos administradores. Posteriormente foi demonstrada a metodologia adotada na sua realização, que se constituiu na apresentação da população alvo do estudo, amostra, e instrumento de coleta de dados. Na etapa seguinte realizou-se a análise dos dados, apresentação das variáveis encontradas e sua relação com o referencial teórico apresentado. A última parte constituiu-se da conclusão que apresentou considerações sobre os resultados apresentados na pesquisa aplicada.

### 1.1 A relevância da informação contábil no processo decisório

A contabilidade apresenta-se como um recurso de extrema importância a ser utilizado pelas empresas no processo decisório, pois apresenta de forma estruturada os resultados das atividades realizadas nesta, provendo os administradores de informação útil na tomada de decisão, conforme ressalta Fayol (1994), servindo como um órgão de visão da empresa, em uma realidade onde a informação torna-se um meio de vantagem competitiva entre as empresas.

Desta forma, buscando estabelecer relação com a realidade local apresentou-se a necessidade de identificar o percentual de utilização das informações econômico-financeiras fornecidas pela contabilidade para a tomada de decisão por parte dos administradores do município de Francisco Beltrão.

Segundo cita Iudícibus, Martins e Gelbcke (2009, p. 55), “o objetivo científico da Contabilidade manifesta-se na correta apresentação do Patrimônio e na apresentação da análise das causas das suas mutações” sendo que as Demonstrações Contábeis por ela emitidas, conforme disposto no CRC/PR (2010, p. 15), “[...] são dirigidas às necessidade comuns de vasta gama de usuários externos à entidade, por exemplo, sócios, acionistas, credores, empregados e público em geral”.

A contabilidade tem por função a coleta de dados econômicos e financeiros, sendo que as mutações ocorridas no patrimônio da empresa são demonstrados através de registros, demonstrações, análises, diagnósticos e prognósticos da realidade econômico-financeira da entidade, sendo expressos sob a forma de relatos, pareceres, tabelas, planilhas entre outros meios, servindo como base para explicação de fenômenos patrimoniais, econômicos e financeiros através de análise e controle dos mesmos, e para a realização de projeções futuras da empresa (IUDÍCIBUS; MARTINS; GELBCKE, 2009), tornando-se necessária para suprir de informação relevante os gestores, de forma a capacitá-los ao alcance dos objetivos da organização com o uso eficiente de seus recursos (BAUREN, 2000).

Este trabalho evidencia, pela perspectiva do informante, ou seja, o contador, se os seus clientes, usuários de suas informações, utilizam as informações contábeis no processo de tomada de decisão. Desta forma, através de características demográficas, buscou-se demonstrar taxas de utilização por configuração de escritórios.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Contabilidade diferenciada - muito além de uma contabilidade apenas para fins fiscais

A contabilidade tem sido vista por parte dos administradores da maioria das empresas como ferramenta necessária apenas para fins fiscais e legais, deixando-se em segundo plano seu uso como base para o processo de tomada de decisão no processo gerencial (OLIVEIRA; MÜLLER; NAKAMURA, 2000), o que acaba por levar as empresas gerarem seus próprios relatórios internos para a utilização no seu processo gerencial, como cita Carvalho e Nakagawa (2004).

“As PME muitas vezes produzem Demonstrações Contábeis apenas para o uso de proprietários-administradores ou apenas para uso de autoridades fiscais ou outras autoridades governamentais “(CRC, 2010, p. 16).

Além disso, em muitas ocasiões, os relatórios contábeis tornam-se irrelevantes pelo fato de terem atraso na sua publicação, não representando a situação atual da

empresa no momento da necessidade da informação contábil, ou por apresentarem informações distorcidas sobre a realidade econômico-financeira da empresa.

As Demonstrações Contábeis não fornecem todas as informações que o usuário possa necessitar, uma vez que retratam os efeitos financeiros de acontecimentos passados, e não incluem, necessariamente, informações não financeiras (COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS, 2011, p.8).

Outro problema que se apresenta é com relação à dificuldade de interpretação das demonstrações apresentadas pela contabilidade por parte dos proprietários e administradores empresariais. “Presume-se que os usuários tenham um conhecimento razoável dos negócios, atividades econômicas e contabilidade e a disposição de estudar as informações com razoável diligência”, (CPC 26, p. 4). Conforme cita Ludícibus, Martins e Gelbcke (2009, pag. 56), “as informações qualitativas que a contabilidade produz, quando aplicadas a uma Entidade, devem possibilitar ao usuário avaliar a situação e as tendências desta, com o menor grau de dificuldade possível”.

A contabilidade segundo Carvalho e Nakagawa (2004), precisa prover uma variada gama de usuários de diferentes ramos empresariais com demonstrações contábeis que atendam as especificidades individuais de informação. Conforme Ludícibus, Martins e Gelbcke (2009), quando aplicada a uma Entidade particularizada, as Demonstrações Contábeis devem prover de informações relevantes usuários específicos, para correta tomada de decisões que visam a realização de interesses e objetivos próprios. Mas essa individualização da apresentação contábil tem-se apresentado como um grande problema, devido à apresentação de um conjunto obrigatório de demonstrações contábeis para fins gerais, uniforme a todos os usuários da informação, o que acaba por tornar grande parte das informações apresentadas inútil ao processo decisório de muitas empresas.

## 2.2 Características qualitativas das demonstrações contábeis

Conforme Ludícibus (2000), para ser útil e relevante, a informação contábil precisa possuir algumas qualidades fundamentais, a saber: a Confiabilidade, a Tempestividade, a Compreensibilidade e a Comparabilidade.

Conforme Resolução CFC nº 785 de 28 de julho de 1995 - Publicada no DOU, de 1º-08-95, que aprova a NBC T 1 são características qualitativas da informação contábil:

**Confiabilidade:** A informação apresentada nas demonstrações e relatórios deve ser verdadeira, completa e pertinente, devendo possuir relevância, veracidade, completeza e materialidade.

**Tempestividade:** A informação contábil deve chegar ao usuário em tempo hábil, para que este possa utilizá-la.

**Compreensibilidade:** A informação contábil precisa ser completa e retratar todos os aspectos contábeis de determinada operação ou conjunto de eventos ou operações.

**Comparabilidade:** Os usuários precisam ter condições para comparar as



informações da entidade (contidas nas demonstrações) através dos anos ou através das entidades para identificar tendências e padrões em relação ao desempenho patrimonial e financeiro.

## 2.3 Tomada de decisão

Na administração, a tomada de decisão é o processo cognitivo pelo qual se escolhe um plano de ação dentre vários outros (baseados em variados cenários, ambientes, análises e fatores) para uma situação-problema. Todo o processo de tomada de decisão produz uma escolha final. Ou seja, a tomada de decisão refere-se ao processo de escolher o caminho mais adequado à empresa, em uma determinada circunstância (SHIMIZU, 2006).

Conforme Harvard (2001), executivos eficazes não tomam muitas decisões, eles concentram-se no que é importante. Tentam tomar as poucas decisões importantes no nível mais alto do entendimento conceitual, procuram localizar o que é invariável em uma situação, pensar no que é estratégico e genérico, em vez de “resolver problemas”.

A antiga maneira de se tomarem decisões não atende as necessidades de um mundo com tamanho volume de informações e tão pouco tempo para tomá-las. A assim chamada tomada de decisão racional, que já foi o modelo ideal, demanda um entendimento completo de todas as facetas de um problema.

## 2.4 Demonstrações contábeis

Conforme disposto na NBC T.1 “As Demonstrações Contábeis são extraídas dos livros, registros e documentos que compõem o sistema contábil de qualquer tipo de entidade”.

As Demonstrações Contábeis previstas no art. 176 da lei nº 6404/76 compreendem:

DEMONSTRAÇÃO	DEFINIÇÃO
Balanço Patrimonial	- Demonstração contábil que evidencia, quantitativa e qualitativamente, em determinada data, a posição patrimonial e financeira da Entidade, possuindo sua estrutura formada pelas contas do ativo, passivo e do Patrimônio Líquido.
Demonstração do Resultado do Exercício	- Representa a formação de diferentes níveis de resultados através do confronto entre as receitas, custos e despesas, formado num determinado período de operações da Entidade.
Demonstração dos Lucros ou Prejuízos Acumulados	- Destina-se a evidenciar, em um determinado período, as mutações nos resultados acumulados da Entidade.
Demonstração das Mutações do Patrimônio Líquido	- Demonstração contábil que evidencia, em um determinado período, a movimentação das contas que integram o patrimônio da Entidade.
Demonstração das Origens e Aplicação dos Recursos	- Demonstração contábil que evidencia, em um determinado período, as modificações que originaram as variações no capital circulante líquido da Entidade.

Demonstração do Valor Adicionado	- Representa informações relativas à criação de riquezas pela entidade num determinado período, bem como a forma como tais riquezas foram distribuídas.
Demonstração dos Fluxos de Caixa	- Apresenta os fluxos de caixa ocorridos no período, classificados por atividades operacionais, de investimento e de financiamento, sendo utilizados como base para que os usuários avaliem a capacidade da entidade em gerar caixa e equivalentes de caixa, como também sua necessidade de liquidez.
Notas Explicativas	- Integram as demonstrações contábeis, e contém informações relevantes, complementares e/ou suplementares àquelas não suficientemente evidenciadas ou não constantes nas demonstrações contábeis propriamente ditas, sendo estas informações de natureza patrimonial, econômica, financeira, legal, física e social, bem como os critérios utilizados na elaboração das demonstrações contábeis e eventos subsequentes ao balanço.

Tabela 1- Demonstrações Contábeis Obrigatórias

Fonte: Adaptado da Lei N° 6404/76.

### 3 | METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta pesquisa, optou-se pela abordagem quantitativa, a qual, para Marconi e Lakatos (2009), possibilita mensurar e relacionar variáveis. Este estudo buscou verificar se as variáveis de controle – tempo de existência, quantidade de clientes, quantidade de contadores, quantidade de administradores – influenciam escritórios contábeis quanto do uso das informações contábeis por parte de seus clientes. É descritiva, já que o estudo tem como objetivo descrever se as informações contábeis estão auxiliando os empresários para tomada de decisão pela percepção dos próprios contadores.

Foi realizada pesquisa com aplicação de questionário semiestruturado, de escala intervalar Likert. Conforme Gil (2008), a escala Likert consiste em uma escala “[...] de elaboração mais simples e de caráter ordinal, não medindo, portanto, o quanto uma atitude é mais ou menos favorável”. A construção de uma escala Likert, ainda segundo Gil (2008), possibilita ao entrevistado manifestar concordância bem como discordância a cada um dos enunciados propostos, sendo que os resultados são analisados através da utilização de testes de correlação.

A Escala Likert utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa permitiu notar níveis de opinião dos entrevistados, num universo de 52 escritórios contábeis por meio da coleta de dados realizada pela aplicação do questionário. Desse universo, obteve-se o retorno de 09 respostas, na parte inicial do questionário e de 08 respostas na segunda parte do questionário, passando, dessa maneira, a constituir a amostra da pesquisa.

Apartir da tabulação das respostas apontadas pelos contadores respondentes da pesquisa, foi realizada a análise descritiva dos resultados e o cálculo do somatório das respostas mediante as variáveis selecionadas por meio do questionário aplicado. Para

tanto, estatística descritiva, média, desvio padrão e correlação das variáveis de influência (MARCONI E LAKATOS, 2009), foram analisadas mediante variáveis dependentes representadas pelas respostas apresentadas.

## **4 | RESULTADOS**

### **4.1 Perfil dos entrevistados**

Dos 09 contadores donos de escritórios que responderam a parte inicial da pesquisa, 44,44% destes estão há mais de 20 anos atuando na área contábil, enquanto 33,33% atuam no mercado de 11 a 20 anos. O número de funcionários em 66,67% escritórios varia entre 01 e 10, sendo que nenhum escritório possui mais que 51 funcionários. Dentre os funcionários dos escritórios pesquisados, 89,89% possuem formação na graduação de ciências contábeis.

Dentre os escritórios da amostra, 66,66% destes presta serviços para 51 a 100 empresas, enquanto 22,22% e 11,11% prestam serviços para 101 a 200 empresas e de 200 a 500 empresas respectivamente, e nenhum escritório presta serviço há mais de 500 empresas.

Na amostra coletada, 22,22% dos escritórios prestam, além do auxílio contábil, serviços na área de consultoria e gestão, enquanto 44,44% prestam outros serviços acessórios. Dentre os contadores que responderam ao questionário, 50,77% possuem como clientes microempresas, enquanto 23,85% e 21,25% possuem como clientes empresas de pequeno e médio porte, respectivamente, sendo ainda que nenhum dos 09 escritórios da amostra possui filiais.

### **4.2 Análise das entrevistas semiestruturadas**

Através dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários aos escritórios de contabilidade de Francisco Beltrão, como forma de resolver a problemática apresentada sobre a importância de informações contábeis claras, completas e que atendam aos interesses dos administradores das empresas, através de análise estatística dos dados identificou-se o percentual de utilização das informações contábeis-financeiras pelos administradores das empresas do município de Francisco Beltrão-Paraná no processo de tomada decisório nas suas empresas.

A amostra nesta segunda parte da pesquisa corresponde a 08 escritórios de contabilidade que se dispuseram a responder ao questionário.

Com relação a relevância das informações contábeis fornecidas pela contabilidade, os contadores acreditam que em 25% dos casos as informações são utilizadas pelo empresário no processo decisório, enquanto 37,5% concordam parcialmente e neste mesmo percentual não quiseram opinar.

Segundo a visão dos contadores, 50% dos empresários utilizam as informações

contábeis para a proteção legal, enquanto que 37,5% concordam parcialmente com relação à afirmação, resultado esse que confirma dados apresentados sobre a contabilidade ter como um dos seus principais fins fornecer informações fiscais das empresas para entes tributantes.

Já em consideração à utilização das informações contábeis para a projeções futuras pelo empresário, 37,5% dos contadores concordam plenamente que as informações contábeis são de grande valia para a realização de projeções futuras na empresa, enquanto 25% concordam parcialmente e neste mesmo percentual não quiseram opinar. O resultado apresentado é correlato com dados apresentados no referencial teórico acima descrito, exprimindo a relevância de informações contábeis-financeiras aos administradores como base para análise de mercado e desenvolvimento de projeções futuras sobre o cenário de atuação da empresa.

No que diz respeito à confiabilidade depositada nas informações contábeis fornecidas pela contabilidade, 50% dos contadores acreditam que os empresários confiam nas informações contábeis, enquanto 25% concordam parcialmente, o que representa a importância das informações descritas nas demonstrações contábeis-financeiras para os administradores no processo de tomada de decisão.

Já em relação à procura de esclarecimento sobre os documentos contábeis, 57,14% dos contadores concordam parcialmente, enquanto que 14,29% dos contadores concordam plenamente que os empresários dificilmente procuram esclarecimentos sobre os documentos fornecidos pela contabilidade, possuindo neste caso entendimento e facilidade de interpretação dos dados informados.

Percentualmente, 42,86% dos contadores acreditam que os empresários põem em dúvida as informações prestadas pela contabilidade, enquanto que 14,29% concordam plenamente, neste caso a hipótese seria pelo fato dos próprios administradores repassarem aos escritórios contábeis informações que não refletem de forma correta a situação real da empresa, devido as informalidades praticadas como intuito de diminuir as obrigações fiscais e trabalhistas frente ao ente tributante e órgãos fiscalizadores.

Com relação à comparabilidade das informações contábeis, 25% dos contadores concordam plenamente que o empresário utiliza as informações contábeis para a comparação com outras empresas, assim como que 37,50% dos contadores acreditam que o empresário compara o desempenho da sua empresa com empresas do mesmo setor.

Em 28,57% dos casos os contadores concordam plenamente, enquanto o mesmo percentual concordam em partes que os empresários avaliam o passado através de informações contábeis, sendo que 37,5% dos contadores acreditam que o empresário identifica tendências de mercado por meio das informações contábeis, enquanto 25% dos contadores concordam parcialmente, e em mesmo percentual não opinaram.

Conforme respostas colhidas dos contadores, 25% concordam que o empresário compara os relatórios emitidos pela contabilidade com outros relatórios da empresa,

25% destes concordam parcialmente e 50% não opinaram.

O que concerne à materialidade das informações contábeis, 12,5% dos contadores acreditam que o empresário consegue ter um bom nível de análise pelo detalhamento das informações fornecidas pela contabilidade, enquanto 25% destes concordam parcialmente e 37,5% não opinaram.

Ainda, 12,5% dos contadores acreditam que não há dificuldade por parte dos administradores no entendimento das informações contábeis a eles fornecidas, 25% concordam parcialmente, enquanto que 50% dos contadores não opinaram.

Os empresários acreditam que poderiam haver mais informações do que as apresentadas pela contabilidade, sendo que na visão dos contadores respondentes à pesquisa, 25% concordam plenamente, enquanto 37,5% concordam parcialmente bem como 37,5% não opinaram.

Com relação à comparabilidade das informações contábeis, 62,5% dos contadores acreditam que para a compreensão das informações contábeis é necessária a presença do contador, representando a dificuldade que alguns empresários ainda possuem no que diz respeito a análise e interpretação das informações a ele apresentadas, de maneira a recorrerem com frequência ao contador em busca de esclarecimentos.

Ainda, os contadores acreditam em 12,5% dos administradores preferem utilizar as informações contábeis do que os relatórios internos, enquanto que 50% acreditam parcialmente, 25% não opinaram e apenas 12,5% dos contadores discordam parcialmente, o que demonstra ainda mais a importância que os relatórios e demonstrações contábeis possuem no dia a dia administrativo das empresas e seu grande auxílio e relevância para o processo decisório.

No que diz respeito à característica da oportunidade, 12,5% dos contadores acreditam que os empresários recebem as informações em tempo hábil para a tomada de decisão, enquanto que 62,5% concordam parcialmente e 25% não opinaram, não podendo a questão tempo interferir na tomada de decisão, segundo visão apresentada pelos contadores.

Em 75% dos casos, os contadores acreditam parcialmente que os empresários tendem a solicitar informações adicionais com frequência, enquanto 25% concordam plenamente, o que faz notar que alguns empresários possuem conhecimento e melhor nível de interpretação com relação às informações e relatórios contábeis, mas que ainda tem-se grande necessidade de informações adicionais pelos administradores para o processo gerencial e decisório nas suas empresas.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo identificar a relevância do uso das informações contábeis por parte dos administradores das empresas do município de Francisco Beltrão, Estado do Paraná.

Conforme pesquisa bibliográfica realizada e estudo de caso aplicado através

de questionário aos escritórios de contabilidade de Francisco Beltrão, buscou-se estabelecer relação da literatura base com a realidade local, identificando através da percepção dos contadores com relação aos administradores, percentuais de relevância e uso das informações e relatórios emitidos pela contabilidade no processo decisório de planejamento e identificação de tendências futuras da empresa.

Como resultado, constatou-se que a grande maioria dos contadores acreditam que os administradores possuem confiança nas informações contábeis, utilizando-as no processo decisório, mas principalmente para a proteção legal.

Alguns dos empresários ainda solicitam informações adicionais, demonstrando algumas dificuldades para o entendimento de determinadas demonstrações ou relatórios contábeis, recorrendo ao contador com frequência em busca de esclarecimentos, contudo conforme dados coletados muitos dos administradores conseguem ter um bom nível de análise no detalhamento das informações repassadas.

Ainda, segundo visão dos contadores, os administradores utilizam das informações contábeis para a comparação com seu passado bem como demais empresas do mesmo setor, conseguindo identificar tendências de mercado por meio de tais demonstrações e relatórios contábeis, sendo estas preferíveis aos relatórios internos da empresa, pois são apresentados em tempo hábil para auxílio à tomada de decisão e representam de forma organizada e separada as informações necessárias aos empresários para o processo de gestão e tomada de decisão em suas empresas.

Com isso conclui-se que apesar dos empresários beltronenses acreditarem que poderiam haver maior número de informações do que as oferecidas pela contabilidade, nota-se até mesmo pela visão dos próprios contadores a relevância das informações fornecidas pela contabilidade aos seus usuários, bem com seu alto percentual de utilização para o auxílio na tomada de decisão por parte dos administradores das empresas do município de Francisco Beltrão.

## REFERÊNCIAS

BEUREN, I.M. **Gerenciamento da informação**: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000. 104p.

BRASIL. Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em 27 jun. de 2016.

CARVALHO, A.M.R.; NAKAGAWA, M. **Informações contábeis**: um olhar fenomenológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONTABILIDADE, 17, 2004, Santos. Resumos... Brasília: Conselho Federal de Contabilidade, 2004. 160p.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS (CPC). **Pronunciamento Técnico CPC (R1)**: Apresentação das Demonstrações Contábeis -Correlação às Normas Internacionais de Contabilidade – IAS 1 (IASB – BV 2011). Disponível em:<[static.cpc.mediatgroup.com.br/Documentos/312\\_CPC\\_26\\_R1\\_rev%2008.pdf](http://static.cpc.mediatgroup.com.br/Documentos/312_CPC_26_R1_rev%2008.pdf)>. Acesso em: 30 mai. de 2016.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **Normas Brasileiras de Contabilidade**. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/nbc/>>. Acesso em 28 mai. de 2016.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **Resolução CFC n. 785/95 – Aprovação da NBC T 1: Das características da informação contábil**. 1995. Disponível em: <[www.cfc.org.br/sisweb/sre/docs/RES\\_785.doc](http://www.cfc.org.br/sisweb/sre/docs/RES_785.doc)>. Acesso em: 29 mai. de 2016.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **Resolução CFC Nº. 1.255/09-Aprovação da NBC TG 1000 – Contabilidade para Pequenas e Médias Empresas**. 2009. Disponível em: <[www.cfc.org.br/sisweb/sre/docs/RES\\_1255.doc](http://www.cfc.org.br/sisweb/sre/docs/RES_1255.doc)>. Acesso em 29 mai. de 2016.

CONSELHO REGIONAL DE CONTABILIDADE DO PARANÁ (CRC/PR). **Contabilidade para pequenas e médias empresas: normas brasileiras de contabilidade e Decreto-Lei N.º 9.295/46 (alterado pela Lei nº 12.249/2010)**. 1. ed. Curitiba-PR: CRC/PR, 2010. 242 pag.

FAYOL, H. **Administração industrial e geral: previsão, organização, comando, coordenação, controle**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IUDÍCIBUS, S. de. **Teoria da contabilidade**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

IUDÍCIBUS, S. de; MARTINS, E.; GELBCKE, E. R. **Manual de Contabilidade das Sociedades por Ações**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARION, J. C. **Contabilidade básica**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 315p.

OLIVEIRA, A.G.; MÜLLER, A.N.; NAKAMURA, W.T. A utilização das informações geradas pelo sistema de informação contábil como subsídio aos processos administrativos nas pequenas empresas. **Revista da FAE**, Curitiba, v.3, n.3, p.1-12, set./dez. 2000. Disponível em:<[www.cde.br/publicacoes/revista.asp](http://www.cde.br/publicacoes/revista.asp)>. Acesso em: 22 maio de 2016, às 12:30m.

Harvard Business. **Tomada de Decisão**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

## 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**

**RESUMO:** O cenário do mercado de economia aberta em níveis altamente competitivos, exige que as empresas sejam cada vez mais arrojadas e, para isso, todos os seus processos devem ser cada vez mais controlados, apresentando custos minimizados e performance maximizadas. A busca constante da melhoria e eficiência operacional, como também a excelência na segurança das pessoas e instalações, deixou de ser um fator de diferenciação, passando a significar a própria sobrevivência da empresa. Neste contexto, foi identificada a oportunidade de reduzir os custos de manutenção e aumento da segurança nas instalações fazendo o estudo de viabilidade econômica para implantação/certificação do SPIE (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos). O presente trabalho apresenta um estudo de caso da primarização dos serviços de inspeção de equipamentos (vasos de pressão) para atendimento da Norma Regulamentadora Número 13 (NR13) em uma empresa siderúrgica de grande porte.

**PALAVRAS CHAVE:** Primarização, SPIE, Viabilidade Econômica.

**ABSTRACT:** The market scenario of open economy in highly competitive levels demand

that the companies become economically competitive, for this reason, all the processes should be strictly controlled in order to provide minimized costs and maximized performance.

The constant search for improvement and operational efficiency, as well as the excellence in safety of people and facilities, are no longer a differentiating factor, but have been the own survival of the company.

In this context, has been identified the opportunity to reduce the maintenance costs and increase the security on the facilities, by studying the economic viability for implementation / certification of SPIE (Own Service of Equipment Inspection).

This study shows a case for insourcing services of equipment inspection (pressure vessels) in order to meet the Regulatory Standard - No.13 (Brazilian Standard - NR13) in a large steel company.

**KEY-WORDS:** Reverse Outsourcing, SPIE, Economic Viability

### 1 | INTRODUÇÃO

Nas indústrias, as gerências de manutenção despendem esforços para garantir a disponibilidade física de equipamentos para um ritmo de produção crescente, o que sugere a importância desta área para o sucesso do



processo produtivo, tanto em termos de confiabilidade quanto de produtividade, o que tem levado muitas empresas a rever conceitos quanto à terceirização de seus setores de manutenção. Há diversos aspectos a considerar neste processo decisório, como, por exemplo, a eventual oferta de profissionais especializados no mercado de trabalho, o retorno direto do investimento em treinamento e desenvolvimento de pessoal próprio, e a heterogeneidade das terceirizadas, pois da mesma forma que há empresas especializadas que detêm conhecimento e tecnologia, com isso agregando valor ao negócio da contratante, depara-se com empresas que têm como objetivo apenas “vender mão-de-obra” (SARAIVA et al., 2009).

As áreas de manutenção nas siderúrgicas, devido sua complexidade específica e a diversidade de problemas de que tratam, posicionam-se em uma função estratégica (VIDAL, OLIVEIRA, 2016). O principal propósito da manutenção é sustentar a produtividade, utilizando as melhores práticas e técnicas, visando maximizar a disponibilidade, confiabilidade e a vida útil dos ativos, com custos reduzidos.

Algumas iniciativas para redução de custos na manutenção foram tomadas, sendo uma delas, a análise econômica dos contratos de prestação de serviço vigentes e seus custos benefícios.

O processo de certificação para Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE), previsto na Norma Regulamentadora para Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações - NR-13 do Ministério do Trabalho e Emprego, apresenta-se atualmente em expansão, tendo em vista os benefícios que são observados nas grandes empresas do setor petróleo e petroquímico (MOURA et al., 2006).

O objetivo deste trabalho é atestar a viabilidade econômica da primarização dos serviços prestados com redução dos custos de manutenção e excelência em segurança com a implantação/certificação do Serviço Próprio de Inspeção de Equipamento (SPIE).

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção

Manutenção é o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, visando garantir a consecução de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil (MIRSHAWKA, OLMEDO, 1993).

A manutenção passa a ser considerada função estratégica para os resultados dos negócios, pois através da eficácia nas intervenções que se mantêm os equipamentos disponíveis para a produção (KARDEC e NASCIF, 2006).

Segundo Mirshawka e Olmedo (1993), a manutenção pode ser dividida em cinco tipos: de melhoramento, corretiva, preventiva sistemática ou programada; preventiva

condicional e, ainda, manutenção preditiva. A manutenção de melhoramento busca eliminar a necessidade de manutenção na matriz produtiva por meio de novos materiais e técnicas. A manutenção corretiva deveria ser a menos utilizada, pois gera perdas devido às grandes paradas das máquinas e/ou equipamentos. A manutenção preventiva sistemática é feita conforme um esquema periódico (tempo, horas de operação etc.), de forma a reduzir falhas inesperadas, ou atender a exigências da produção ou segurança. A manutenção preventiva condicional é efetuada de acordo com a informação de um inspetor (instrumentos ou sentidos humanos) ou de uma medida de desgaste (monitoramento). Por fim, a manutenção preditiva se baseia na estatística associada a instrumentos de medição, que possibilitam prever até quando o equipamento vai operar (SARAIVA et al., 2009).

## 2.2 Terceirização

Podemos considerar o conceito de terceirização como um método de gestão em que uma pessoa jurídica pública ou privada transfere, a partir de uma relação marcada por mútua colaboração, a prestação de serviços ou fornecimento de bens a terceiros estranhos aos seus quadros. Sendo importante salientar, que essa terceirização não deve ocorrer na atividade fim (RAMOS, 2001).

Se a opção da organização é pela terceirização, o foco é a desverticalização produtiva por meio da transferência de processos industriais e a prestação de serviços a outras organizações para o ganho de competências centrais (tabela 01). A terceirização desloca atividades “para fora”, para serem executadas por empresas especialistas, capazes de possibilitar ganhos para ambas as partes (QUEIROZ, 1998). Neste contexto, fatores de produção correspondem aos recursos necessários ao planejamento e execução das atividades, e incluem pessoal, facilidades, equipamentos, métodos, tecnologia e outros ativos, enquanto a tomada de decisão diz respeito à responsabilidade pela escolha sobre certos elementos envolvidos nas atividades transferidas.

Vantagens	Desvantagens
Diminuição do desperdício	Aumento do risco a ser administrado
Aumento da especialização	Demissões na fase inicial
Melhor administração do tempo da empresa	Falta de parâmetros de preço nas contratações iniciais
Redução dos níveis hierárquicos / Revisão estrutura organizacional	Custo das demissões
Aumento de empregos especializados	Má escolha de parceiros / Dificuldade de encontrar parceiros ideais
Ganhos de Flexibilidade	Má administração do processo
Otimização dos serviços / Agilidade (desburocratização)	Aumento da dependência de terceiros
Redução do quadro direto de empregados / Redução do custo Operacional	Perca do vínculo para com o empregado
Concentração de esforços	Perda da identidade cultural da empresa, a longo prazo, por parte dos funcionários
Liberação de espaço	Fornecedor não se adapta à cultura e procedimentos da empresa
Formalização de parceria	Dificuldade no relacionamento com sindicatos
Sinergia entre as empresas	Resistência interna a mudança
Redução das atividades-meio	dificuldade de estabelecer sistemas e controles internos

Tabela 1: Vantagens e desvantagens da terceirização -

Fonte: (Leiria & Saratt, 1995; Giosa, 2003; Bezerra & Brito, 1994; Pagnoncelli, 1993)

A formação de parcerias permite às empresas concentrarem em atividades-fim ou “*core business*” deixando para outras a execução de atividades por ela exercidas. Dentro destas estratégias de gestão está a terceirização e, mais recentemente, a quarteirização. Para isto são necessárias a cooperação e a parceria. Entretanto, nem sempre existe esta parceria e sim subordinação das respectivas contratadas à empresa contratante. Pode-se afirmar que, quanto ao processo de terceirização e quarteirização no Brasil, são poucas as organizações que estruturam o processo adequadamente. Em geral há pressão pelo tomador de serviços e, muitas vezes, o terceiro quarteiriza somente para lucrar, reflexo de uma postura muito comum de perseguir a lucratividade com o menor custo possível (SARAIVA et al., 2008). A terceirização é interessante quando a empresa contratada possibilita um resultado melhor para todo o processo. Resultado melhor não necessariamente implica redução do custo direto, mas melhoria de desempenho no custo total, o que inclui segurança, qualidade, desempenho e tecnologia com aplicação de conhecimento não disponível na empresa, extrapolando a mera análise de custos e investimentos (PORTER, 1986).

### 2.3 Primarização

A primarização se caracteriza pela reversão da terceirização, isto é, consiste em retomar as atividades que haviam sido terceirizadas (MAGALHÃES et al., 2011).

Conforme Drauz (2013) e Magalhães et al. (2011), existe uma grande quantidade de pesquisas sobre terceirização, entretanto a primarização ainda é pouco estudada.

A primarização já é adotada por algumas empresas no Brasil e no mundo, entretanto na pesquisa de Fernandes e Carvalho Neto (2005) identifica que a adoção da terceirização está nos planos de empresas pesquisadas para os próximos anos.

Se a primarização é o caminho a ser adotado, trata-se precisamente do inverso do processo de terceirização (DRUCKER, 1994), tendo surgido esta abordagem no

início do século XXI em razão dos efeitos negativos da terceirização de mão-de-obra. Porter (1986) evidencia a importância das atividades executadas internamente para a competitividade de uma empresa, o que só é possível mediante a análise da cadeia de valor da empresa, um conjunto de atividades executadas em uma organização para projetar, produzir, comercializar e sustentar seus produtos.

Quinn et al. (1998) apresentam um processo de escolha das atividades a serem primarizadas, de forma que a primeira fase corresponde à definição de cada tarefa na cadeia de valor, como um serviço que pode ser produzido interna ou externamente. Em seguida, busca-se responder a uma série de perguntas dentro da seguinte linha: É possível obter ou poder alcançar o mais alto padrão neste serviço? Se a resposta seja afirmativa, deve-se torná-lo parte da estratégia?

Se a resposta for negativa, quais as possibilidades para terceirizar a atividade ou formar alianças estratégicas com quem realmente tenha capacidade superior? Para a escolha das atividades a serem ou não terceirizadas, assim, estes autores sustentam que a gerência deve concentrar as energias da organização em dois conjuntos de atividades: aqueles onde possa criar valores únicos e os que deve controlar para manter sua supremacia nos aspectos críticos.

Do ponto de vista racional, pode-se decidir pela primarização analisando-se as condições da atividade em questão, sob duas dimensões. A primeira dimensão – estratégica ou não estratégica – considera o nível de importância e o potencial da atividade quanto à sua contribuição para a obtenção de vantagens competitivas de longo prazo para a organização.

Para determinadas atividades, este nível de importância pode variar de acordo com o tamanho e tipo da organização, e pode ser avaliada em função de alguns fatores como custos, receitas, potencial de ganhos, impactos operacionais entre outros. A segunda dimensão – competitiva ou não competitiva – diz respeito ao nível de competitividade que a atividade em questão apresenta em comparação com similares disponíveis no ambiente externo. A avaliação deste nível pode ser feita com base em diversos fatores como o custo dos serviços, o tempo de resposta, a tecnologia utilizada, a experiência etc. De acordo com Dunn (2004), as atividades que apresentam importância estratégica e que têm um desempenho competitivo devem continuar sendo executadas pela própria organização. As que detêm uma importância estratégica para a organização, mas não apresentam um desempenho competitivo frente ao mercado externo, podem ser terceirizadas de imediato.

Outra opção mais interessante, porém a longo prazo, é buscar mudanças para a melhoria do desempenho da atividade. Neste caso, durante o processo de transição, a atividade seria terceirizada, ficando já estabelecido o retorno da mesma, em face de ser fonte de vantagem competitiva. As atividades que não apresentam importância estratégica para a organização e que não retratam um desempenho competitivo podem ser terceirizadas, pois tentativas de melhoria levariam à possibilidade de ganhos não significativos. Aquelas atividades que não detêm uma importância estratégica, mas

apresentam desempenho competitivo, levam a um leque maior de possibilidades, como disponibilizar a atividade para venda, terceirizá-la, aumentar seus limites e perfil visando torná-la uma fonte de vantagem competitiva etc.

## 2.4 Custos de mão de obra

Antes da decisão de terceirizar ou não determinados serviços, atendendo aos aspectos legais da legislação atual, deve-se analisar quais os custos envolvidos com a terceirização *versus* primarização. Na terceirização o custo envolvido será apenas o valor pago na contratação. Já na primarização existem diversos custos e provisões envolvidas, relacionados com o custo da mão de obra.

Santos et al. (2006) conceituam custo como sendo o consumo de ativos necessários para a produção do produto ou para a prestação de serviços aos clientes, de forma que a empresa alcance os seus fins específicos.

Assim, custos são todos os esforços necessários ligados diretamente com a atividade ou produção fim da empresa. Nos custos de mão de obra, também chamados de custos com pessoal, existem diferentes variáveis a serem consideradas para se chegar ao valor correto.

Santos et al. (2006) afirmam que “o custo com mão de obra engloba todas as despesas pagas ou incorridas de uma entidade, relacionadas à contratação, treinamento, manutenção, remuneração e demissão de empregados.”

Segundo Leone (2009) os custos de mão de obra devem ser consideradas as variáveis internas e externas. Nas variáveis internas são consideradas as horas extras, horas noturnas, salários dos empregados, tempo ocioso, dentre outros. Já nas variáveis externas são consideradas as obrigações sociais e trabalhistas.

Pode-se concluir que para a análise do custo de mão de obra na primarização, não deverá ser analisado apenas o salário do empregado, mas toda a remuneração, os benefícios e os encargos tributários e sociais.

## 2.5 NR#13 e o Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE)

As Normas Regulamentadoras emitidas através de Portarias do Ministério do Trabalho e Emprego, são de ordem pública e, portanto, compulsórias. Atualmente são 36 Normas Regulamentadoras urbanas e 5 rurais. Destacam-se nesse sentido, no âmbito industrial, as Normas Regulamentadoras NR-12 (Máquinas e Equipamentos), NR-13 (Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação), NR-14 (Fornos) e NR-20 (Líquidos Combustíveis e Inflamáveis).

A NR-13 foi publicada pelo Ministério do Trabalho pela primeira vez em 1978. Este regulamento técnico de segurança estabelece parâmetros e responsabilidades relativos às atividades de instalação, operação, manutenção e inspeção de caldeiras e vasos de pressão (MOURA et. Al., 2006). Este regulamento, de caráter compulsório, foi revisado pela última vez em 2014. Toda revisão foi realizada por um Grupo Técnico

Tripartite (empresas, governo e trabalhadores), indicado pelo Ministério do Trabalho e teve ampla participação da comunidade e técnicos ligados a atividade. Nas últimas revisões (2014 e anteriormente em 1994) foram incluídos no texto importantes e inéditos avanços. Entre tais disposições destaca-se a possibilidade de maior flexibilização nos prazos máximos de inspeção de caldeiras e de vasos de pressão, conforme tabela 2. Esses incrementos permitem a determinados tipos de empresas estenderem suas campanhas operacionais, com conseqüente aumento de produtividade e produção. Para que seja possível estender os prazos máximos sem comprometer a segurança das instalações, das pessoas e a preservação do meio ambiente foi inserido na NR-13, em seu Anexo II, a certificação do SPIE - Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos.

O SPIE pode ser organizado da forma mais conveniente para a empresa, isto é, na forma de Setor, Seção, Divisão ou Grupo. O importante mesmo é que, antes de se adotar os prazos especiais e outras facilidades previstas pela NR-13, sejam avaliados e certificados.

Categoria do vaso		Exame	Sem SPIE	Com SPIE
		I	Externo	1 anos
	I	Interno	3 anos	6 anos
	II	Externo	2 anos	4 anos
	II	Interno	4 anos	8 anos
	III	Externo	3 anos	5 anos
	III	Interno	6 anos	10 anos
	IV	Externo	4 anos	6 anos
	IV	Interno	8 anos	12 anos
	V	Externo	5 anos	7 anos
	V	Interno	10 anos	a critério

Tabela 02– Prazo de Máximo de Inspeção -

Fonte (Elaborado pelo autor)

A avaliação dos Serviços Próprios e sua certificação são feitas por um organismo previamente credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. Tanto o credenciamento dos organismos como a certificação do SPIE são regulamentadas por portarias e procedimentos específicos.

A certificação de SPIE é uma decisão voluntária da empresa e pode ser aplicada nos mais variados tipos de indústria que possuam caldeiras ou vasos de pressão.

A extensão dos períodos entre inspeções de segurança (externa ou interna) é possível desde que a empresa possua um Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos SPIE, citado no Anexo II da NR-13. Além disso, deve atender aos requisitos para certificação, que são determinados na portaria INMETRO N° 016, de 29 de Janeiro de 2001. Esta portaria estabelece o processo e os requisitos que um SPIE deve cumprir para ser certificado. Os produtos de um SPIE são equipamentos em condições seguras para a operação, atestado em relatórios de inspeção, recomendações de

inspeção, registros de inspeção e outros documentos que divulguem e consolidem o conhecimento adquirido.

Os critérios para concessão da certificação estão baseados em uma lista de 76 requisitos, constante na portaria INMETRO No 16. Estes requisitos são divididos em três categorias:

- a. Categoria A: 33 requisitos obrigatórios, cujo atendimento tem que ser total;
- b. Categoria B: 34 requisitos importantes que devem ter atendimento não inferior a 70%;
- c. Categoria C: 9 requisitos complementares, cujo não atendimento não impede a certificação do SPIE.

### 3 | METODOLOGIA

Foi utilizado como estratégia o estudo de caso, com análise quantitativa e qualitativa, a fim de obter conhecimentos para a tomada de decisão de primarizar, ou não, os serviços de inspeções de vasos de pressão para atendimento as exigências na Norma Regulamentadora Número 13 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Para o estudo, o primeiro passo foi examinar documentos físicos e eletrônicos, tais como, procedimentos operacionais, contratos de prestação de serviço, salário médio dos empregados que executam a atividade, encargos sociais, entre outros documentos.

No segundo passo foi calculado, tabela 03, o quantitativo de colaboradores (engenheiros e inspetores) necessários para a composição do quadro do SPIE utilizando a fórmula paramétrica da Portaria n.º 349, de 26 de novembro de 2009, anexo A, do INMETRO (REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA SERVIÇOS PRÓPRIOS DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS – SPIE). Essa Portaria define todos os princípios que devem ser seguidos para a certificação do SPIE.

#### 3.1 Memória de Cálculo

##### *3.1.1 Critérios para a Determinação de Efetivo Mínimo do SPIE:*

As instalações controladas foram classificadas em 3 (três) grupos em função das particularidades de cada tipo de instalação e das atividades nelas desenvolvidas

- Grupo A: instalações localizadas em terra e concentradas num mesmo local
- Grupo B: instalações não concentradas e localizadas em terra
- Grupo C: instalações localizadas no mar

**Nota:** Empresas que possuírem instalações classificadas em mais de um grupo devem aplicar os critérios específicos para cada caso isoladamente. O efetivo mínimo será o resultado do somatório dos casos específicos.

O efetivo mínimo do SPIE deve ser calculado utilizando-se as seguintes equações:

a. Quantidade de inspetores de equipamentos:

$$I = \frac{F_i \times (1 + F_{ii} + F_T) \times \sum Hh_{iq}}{T} \quad \therefore \quad I \approx 4$$

Onde,

I = quantidade mínima de inspetores de equipamentos;

$F_i = 1,36$  soma de fatores relativos a tarefas não diretamente relacionadas com a inspeção de equipamentos (treinamento, estudos técnicos, compra, recebimento, preservação e calibração da aparelhagem de inspeção, inspeções externas de rotina nas unidades, apoio técnico);

$F_{ii} = 0,20$  quantidade de Hh de inspetores necessários para executar as atividades de inspeções das tubulações externas e dutos;

$F_T = 0,45$  quantidade de Hh necessários para executar as atividades de inspeções de Sistemas de Tubulações da área interna;

T = quantidade de horas normais trabalhadas por ano por um inspetor. T = 1760 grupos A e B e T = 1584 grupo C.

$Hh_{iq}$  = quantidade total de horas de inspetor consumidas por ano, para os equipamentos tipo "q", expressa em Hh/ano e calculada seguinte forma:

$$Hh_{iq} = \sum_{qi}^{qn} \left[ \frac{Q_q \times T_{iq}}{I_{iq}} \right]$$

Onde,

q = tipo de equipamento, conforme tabela A1 anexa do regulamento;

$Q_q$  = Quantidade de equipamentos distribuídos pelos tipos "q";

$T_{iq}$  = tempos médio, em horas, despendidos por um inspetor, para executar todas as etapas de inspeção de um equipamento do tipo "q";

$I_{iq}$  = Intervalos médios, em anos, para inspeção de equipamentos do tipo "q".

b. Quantidade de engenheiros de equipamentos:

$$\left| E = \frac{F_e \times (1 + F_{ie} + F_T) \times \sum Hh_{eq}}{T} \quad \therefore \quad E \approx 2 \right|$$

Onde,

E = quantidade mínima de engenheiros de equipamentos;

$F_e = 2,70$  soma de fatores relativos a tarefas não diretamente relacionadas com atividade de engenharia de inspeção (treinamento, estudos técnicos, compra, recebimento, preservação e calibração da aparelhagem de inspeção, inspeções externas de rotina nas unidades, apoio técnico);

$F_{ie} = 0,10$  quantidade de Hh de inspetores necessários para executar as atividades de inspeções das tubulações externas e dutos;

$F_T = 0,45$  quantidade de Hh necessários para executar as atividades de inspeções



de Sistemas de Tubulações da área interna;

T = quantidade de horas normais trabalhadas por ano por um inspetor. T = 1760 grupos A e B e T = 1584 grupo C.

$Hh_{eq}$  = quantidade total de horas de inspetor consumidas por ano, para os equipamentos tipo “q”, expressa em Hh/ano e calculada seguinte forma:

$$Hh_{eq} = \sum_{qi}^{qn} \left[ \frac{Q_q \times T_{eq}}{I_{eq}} \right]$$

Onde,

q = tipo de equipamento, conforme tabela A1 anexa do regulamento

$Q_q$  = Quantidade de equipamentos distribuídos pelos tipos “q”

$T_{eq}$  = tempos médio, em horas, despendidos por um engenheiro, para realizar as atividades de engenharia de inspeção em um equipamento do tipo “q”

$I_{eq}$  = Intervalos médios, em anos, para inspeção de equipamentos do tipo “q”.

Na sequência é apresentando uma tabela de resumo dos cálculos analíticos de forma automatizada, para um cenário considerando 1527 casos e 222 sistemas de tubulações que se enquadram dentro das exigências da NR-13.

Item	Tipo de Equipamento q	Quantidade	Tempo Médio de Inspeção (h)	Tempo Médio de Engenharia (h)	Intervalo Médio de inspeções (anos)	Quant. de Hh Inspetores ( $Hh_{iq}$ )	Quant. de Hh Engenheiros ( $Hheq$ )	Quantidade de Efetivo	
								$Q_q$	$t_{iq}$
1	Válvulas de Segurança	0	3,0	0,2	2,0	0	0	0,0	0,00
2	Vasos Pequenos ( $V \leq 2m^3$ )	1186	7,8	2,0	5,0	1850,16	474,4	2,4	1,13
3	Vasos Médios ( $2m^3 < V \leq 20m^3$ )	207	9,8	2,5	5,0	405,72	103,5	0,5	0,25
4	Vasos Grandes ( $V > 20m^3$ )	134	11,0	3,0	4,0	368,5	100,5	0,5	0,24
5	Outros	0	10,0	4,0	4,0	0	0	0,0	0,00
<b>SOMATÓRIO</b>						<b>2624,38</b>	<b>678,40</b>	<b>3,3</b>	<b>1,61</b>

Tabela 03 – Quantidade de Engenheiros e Inspetores para compor o SPIE -

Fonte (Elaborado pelo Autor)

No passo seguinte determinamos todos os custos envolvidos no processo de primarização com o objetivo de calcularmos a viabilidade econômica.

Análise de Investimento SPIE	Ano									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investimento em ferramentas e equipamentos	435.939,79									
Investimento em equipamentos de escritório	70.023,14									
Investimento em Certificação e Treinamento	126.000,00									
Investimento total	631.962,93									
Gasto com Empresa Terceirizada (a)	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00	1.938.878,00
Custo sem depreciação (b)	1.387.802,85	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92	755.839,92
Lucro Bruto (a-b)	551.075,15	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08	1.183.038,08
Depreciação ferramentas e equipamentos de manuf	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98	43.593,98
Depreciação equipamentos de escritório	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31	7.002,31
Depreciação total	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29	50.596,29
Lucro Líquido (Lucro bruto - depreciação)	500.478,86	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79	1.132.441,79
Imposto de Renda ( 33% do Lucro líquido)	165.158,02	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79	373.705,79
Lucro depois do IR	335.320,83	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00
Investimento	-631.962,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro	335.320,83	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00
Fluxo de caixa	-296.642,10	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00	758.736,00
<b>TIR</b>	<b>255,8%</b>									
<b>VPL (taxa de 11%)</b>	<b>3.517.581,25</b>									
<b>Tempo de retorno do investimento (anos) =&gt;</b>	<b>1,98</b>									

Tabela 04 – Cálculo da viabilidade econômica –

Fonte (Elaborado pelo autor)

Em análise final, o custo total em 2016 da contratante mediante terceirização do serviço é de R\$ 1.938.878,00. Os custos são parte importante e influenciam diretamente o resultado da empresa, pois é essencial ter uma administração e controle eficaz para obter um resultado econômico financeiro otimizado.

#### 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme pode ser observado na tabela 04, o processo de certificação/implantação se mostra economicamente viável. Os cálculos mostram que para o cenário estudado (1527 vasos e 222 sistemas de tubulação, enquadrados na NR#13) a TIR foi de 255,8% e a VPL R\$3.517.581,24 considerando o estudo para o prazo de dez anos. Outro dado relevante diz respeito ao tempo necessário para o retorno do investimento (que são de 1,8 anos, que podemos considerar relativamente curto).

Este trabalho examinou a contribuição da implantação/certificação do SPIE para a redução dos custos de manutenção de uma empresa do setor siderúrgico. Após a análise dos dados foram observados os reais e significativos benefícios quantitativos no aspecto econômico, mas se deve ter em mente que a NR#13 tem como objetivo principal a garantia da segurança dos trabalhadores. Com o processo de primarização desse serviço a empresa pode ter um maior controle e uniformidade das inspeções, aumentando assim a confiabilidade dos equipamentos além de proporcionar uma redução no custo de manutenção.

A redução dos custos de manutenção pode ser ainda maximizada, se o estudo for mais refinado, acrescentando informações financeiras a respeito da redução do lucro cessante, pois os equipamentos irão apresentar maiores disponibilidades com a ampliação dos prazos de inspeção. Também será possível contabilizar a redução dos custos referente ao acesso aos vasos (principalmente montagem de andaime),

serviços de isolamento térmicos entre outros.

## REFERÊNCIAS

**DRAUZ, R.** Re-insourcing as a manufacturing-strategic option during a crisis: cases from the automobile industry. *Journal of Business Research*, v. 67, p. 346-353, 2013.

**DRUCKER, P.F.** *Administrando em tempos de grandes mudanças*. São Paulo: Pioneira, 1994.

**DUNN, B.** *Global restructuring and power of labour*. New York: Macmillan, 2004.

**FERNANDES, M. E. R.; CARVALHO NETO, A. M.** As práticas gerenciais frente aos principais desafios apontados pelas maiores empresas brasileiras na gestão de terceirizado. In: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, XXIX, 2005. Anais... Brasília: ANPAD, 2005.

**KARDEC, A.; XAVIER, J.A.N.** *Manutenção Função Estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2006.

**LEIRIA, J.S.; SARATT, N.D.** *Terceirização: uma alternativa de flexibilidade empresarial*. 1. ed. São Paulo: Gente, 1995.

**LEONE, G. S. G.** *Custos: planejamento, implantação e controle*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 515p.

**MAGALHÃES, Y.T.; SOUZA, M.C.O.; ANDRADE, F.O.** Primarização x terceirização: um estudo em uma prefeitura de Minas Gerais. In: ENGEPE 2011. 31., Belo Horizonte. Anais. Minas Gerais.

**MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L.** *Manutenção – Combate aos custos da não eficácia: a a vez do Brasil*. São Paulo: Makron Books, 1993.

**PORTER, M.E.** *Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência*. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

**QUEIROZ, C.A.R.S.** *Manual de terceirização*. São Paulo: STS, 1998.

**SANTOS, J.L.; SCHMIDT,P; PINHEIRO, P.R; NUNES, M.S.** *Fundamentos de contabilidade de custos*. São Paulo: Atlas, 2006. 277p.

**SARAIVA, L.A.S.; MERCÊS, R.E.; MAGALHÃES, Y.T.** A terceirização na gestão da manutenção em uma empresa mineradora de Minas Gerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVIII, 2008, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

**SARAIVA, L.A.S et al.** Terceirizar ou primarizar a manutenção? A tomada de decisão de uma mineradora. XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Salvador: Abepro, 2009.

**VIDAL, G.I.S; OLIVEIRA, J.V.S.** Análise de Viabilidade de Primarização do Serviço de Desmontagem de Motor Diesel na Oficina de Locomotivas da Vale. VI ENCEPRO – ENCONTRO CAPIXABA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – 2016

## 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**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Cornélio Procópio - PR

**Márcio Jacometti**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR

Cornélio Procópio – PR

**RESUMO:** O foco deste trabalho é a aplicação do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) na identificação do momento ótimo para a substituição de uma colhedora de cana-de-açúcar. Assim, a pesquisa buscou descrever o caso escolhido e a situação atual do processo produtivo; identificar o impacto da tomada de decisão no gerenciamento da substituição dos equipamentos na empresa investigada; identificar os benefícios decorrentes da mudança e as consequências decorrentes para a gestão e, apresentar dados concretos para subsidiar outras organizações similares na identificação do momento ideal para a substituição de equipamentos. A companhia estudada possui cerca de cinquenta equipamentos em funcionamento e cada um possui alto custo de aquisição e, ao adotar uma nova sistemática para a substituição destes, que considere uma variável econômica, pode-se obter ganhos significativos e redução de custos. O principal

resultado da pesquisa foi demonstrar que a aplicação do CAUE pode auxiliar a organização investigada e outras similares a otimizarem a manutenção e a substituição de equipamentos. **PALAVRAS-CHAVE:** CAUE, substituição de equipamentos, indicador financeiro, mercado agrícola, usina sucroalcooleira.

**ABSTRACT:** The focus of this work is the application of Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC) to identify the optimal time to replace a harvester of sugarcane. So, the objective of the research is to describe the chosen case and the current situation of the production process, to identify the impact of decision in management of replacement of the company's equipment; to identify the benefits of change and the resulting consequences for the management and, to present concrete data to support similar organizations identify the optimal time to replace equipment. The company studied has about fifty equipment in operation and each one has a high cost of acquisition and adopting a new system for replacing them, which considers an economic variable, it can make significant gains and cost savings. The main result of the study was to demonstrate that the application of EUAC can assist the organization investigated and others similar, optimize the maintenance and replacement of equipment.

**KEYWORDS:** EUAC, equipments replacement,

financial index, agricultural market, sugar cane industry.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização e importância do tema

Nos últimos anos, o mercado agrícola tem-se tornado cada vez mais competitivo, segundo o MAPA (2013). Assim, é preciso tomadas de decisões que ajudem as organizações a se manterem em sintonia com este mercado. Para tanto, elas devem buscar a redução de custos tais como: diminuir perdas e retrabalhos, definir uma logística eficiente e altos níveis de confiabilidade em seus processos. Uma medida pouco explorada pelas empresas é o estudo sobre o momento ideal para a substituição de seus ativos-fixos como os equipamentos agrícolas.

O estudo do momento ideal para a substituição de equipamentos é tema de imperativa importância nas organizações que fazem uso intensivo de equipamentos, como é o caso da empresa investigada neste estudo. Para Casarotto Filho e Kopittke (2010), as decisões de substituição são de importância crítica para as empresas, pois, podem ser irreversíveis, ou seja, uma venda ou uma compra inadequada podem trazer sérios problemas financeiros ou levar à falência se tomadas no momento inoportuno (WARSCHAUER, 2004).

O bom gerenciamento dos recursos produtivos de uma organização possibilita manter o atendimento eficiente de sua demanda e isso recai sobre o fato de que a depreciação pode incorrer em diferentes custos para o negócio, associados ao equipamento ou ao não atendimento do objetivo buscado (FERREIRA et al., 2004).

Este trabalho tem por objetivo aplicar o Método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) para encontrar o momento economicamente ótimo para a substituição de máquinas colhedoras de cana-de-açúcar. Tendo em vista que a empresa, objeto de estudo, possui cerca de 50 equipamentos em funcionamento e cada um possui alto custo de aquisição, um melhor gerenciamento da frota no que tange ao momento certo de substituição reflete em ganhos significativos.

O setor investigado é responsável pela colheita da cana-de-açúcar que é destinada para moagem em uma usina sediada nas proximidades das plantações. Os equipamentos analisados representam o ponto chave entre o elo agrícola-indústria, onde uma colheita eficiente resulta em um alto índice de extração pela fábrica. A frota é composta por colhedoras Case e John Deere. Para a análise foi escolhido o modelo A8800 da Case.

Optou-se por enquadrar esta pesquisa como estudo de caso e para o desenvolvimento do trabalho foi criado um cenário hipotético com dados empíricos colhidos mediante consulta às lideranças do setor envolvido.

Para atingir o objetivo geral do trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar os fundamentos teóricos na literatura para subsidiar a análise financeira e de mercado;
- Descrever o caso escolhido e a situação atual do processo produtivo;
- Identificar o impacto da tomada de decisão no processo produtivo da empresa investigada com a adoção do CAUE;
- Identificar os benefícios decorrentes da mudança e as consequências decorrentes para a gestão.
- Deste modo, a presente pesquisa se justifica pelos seguintes motivos:
- A aplicação da metodologia pode trazer significativos ganhos financeiros à organização;
- O equipamento objeto de estudo possui grande valor agregado e a empresa utiliza inúmeras máquinas como esta;
- Com a aplicação da metodologia para análise das colhedoras futuramente ela poderá se expandir para outros equipamentos da organização.

## 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO-EMPÍRICO

### 2.2 Análises de investimentos

O mundo corporativo está cercado de decisões envolvendo investimentos e para validar o mais viável é necessária uma análise econômico-financeira a fim de se optar pela mais rentável. Assim como expõem Casarotto Filho e Kopittke (2010), investir é deixar de gastar o dinheiro hoje em um bem de consumo para gastar em algo que dê um retorno significativo no futuro. Tal retorno pode ser no aumento das receitas ou na redução de custos (GOMES, 2013).

Para análise de um projeto, Casarotto Filho e Kopittke (2010) apresentam alguns critérios para apoiarem a escolha:

#### *2.2.1 Critérios econômicos: rentabilidade do investimento*

Analisa se o investimento é rentável, ou seja, apresenta a melhor maneira de aplicar o dinheiro e obter o maior retorno. Exemplo: ao instalar uma nova fábrica, comprar novos equipamentos ou simplesmente alugar uma máquina.

#### *2.2.2 Critérios financeiros: disponibilidade de recursos*

Após encontrar os investimentos mais rentáveis, é necessária uma análise sob a ótica dos critérios financeiros, os quais mostram os efeitos do investimento na situação financeira da empresa, como por exemplo, qual será o impacto do investimento no capital de giro da empresa.

### 2.2.3 Critérios imponderáveis: fatores não conversíveis em dinheiro

Compreende as restrições, os objetivos e políticas da empresa que possam refletir nas tomadas de decisões. Nesta etapa, levam-se em consideração os fatores não conversíveis em dinheiro, como manter certo nível de empregos, conseguir a boa vontade de um cliente ou fornecedor.

## 2.3 Investimentos financeiros e de capital

Bruni e Famá (2012) classificam as decisões financeiras em duas categorias: (1) investimento financeiro propriamente dito ou (2) investimento de capital. A primeira categoria está relacionada às compras de títulos e valores mobiliários, e na segunda, estão os maiores investimentos, como a aquisição de novos equipamentos, a reforma de uma planta industrial ou a abertura de um novo centro de distribuição.

Todo investimento feito deve ser capaz de gerar fluxos de caixas incrementais dentro do período de análise ou horizonte estimado (BRUNI e FAMÁ, 2012). Neste estudo, o horizonte de análise corresponde à vida útil do equipamento que será analisado. Para se tomar a decisão de investimento, alguns métodos podem ser utilizados e são apresentados na próxima seção.

## 2.4 Métodos determinísticos de análise de investimentos

A seguir serão apresentados os principais métodos de avaliação de investimentos, sendo que o custo anual uniforme equivalente (CAUE), aplicado neste trabalho, é apresentado na seção 2.6.

### 2.4.1 Método do valor presente líquido (VPL)

Este método calcula os valores presentes dos rendimentos futuros de cada alternativa analisada para comparação, preferindo a de maior valor, conforme Warschauer (2004), utilizando a taxa mínima de atratividade para descontar o fluxo (CASAROTTO FILHO e KOPITTEKE, 2010).

Lima (2002) afirma que este método deve ser utilizado para análise de investimentos isolados que envolva o curto prazo (sem repetições) ou que tenha pequeno número de períodos. Sendo o VPL maior que zero, o projeto de investimento deve ser aceito. A Equação 1 apresenta algebricamente o cálculo do Valor Presente Líquido.

$$VPL = \sum_{j=1}^{n-1} \frac{FC_j}{(1+k)^j} + \frac{VR_n}{(1+k)^n} - Inv_0 = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j}$$

Equação 1: Cálculo algébrico do valor presente líquido.

Fonte: Bruni e Famá (2012).

Onde:

$FC_j$  = fluxo de caixa no período  $j$ ;

$K$  = custo de capital;

$j$  = período analisado;

$n$  = número de períodos analisados;

$VR_n$  = valor residual do projeto no ano  $n$ ;

$Inv$  = investimento inicial, que corresponde ao fluxo de caixa na data zero, ou  $FC_0$ .

#### *2.4.2 Taxa mínima de atratividade (TMA)*

Considera-se a taxa mínima de atratividade, como sendo a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos. Uma das formas de analisar a viabilidade de um investimento é confrontando a taxa interna de retorno (TIR) com a taxa mínima de atratividade (TMA). Um exemplo de TMA para pessoas físicas é a rentabilidade da caderneta de poupança. No caso de empresas, existem fatores que tornam mais complexa a determinação desta, como, taxa de juros dos bancos comerciais, taxa de juros dos bancos de investimentos, valorização dos títulos públicos, valorização dos estoques, rentabilidade da empresa, entre outros (LIMA, 2002).

#### *2.4.3 Método da taxa interna de retorno (TIR)*

É a taxa de juros que torna as entradas de caixa equivalentes às saídas, ou seja, é a taxa que torna o valor presente do fluxo de caixa igual a zero (GOMES, 2013).

Bruni e Famá (2012) apresentam algumas conclusões que podem ser retiradas do método da TIR:

- Durante o prazo de análise do projeto, todos os retornos gerados pelo projeto serão reinvestidos no valor da taxa interna de retorno;
- Quando calculados com taxa interna de retorno, o valor de todas as saídas é igual ao valor presente de todas as entradas do fluxo de caixa do projeto de investimento;
- A TIR mede a rentabilidade do projeto de investimento sobre a parte não amortizada do investimento, rentabilidade dos fundos que permanecem, ainda, internamente investidos no projeto.

O maior problema no uso deste método está na análise de projetos de investimentos não simples, ou seja, quando há a inversão de sinais do fluxo de caixa mais de uma vez. Mudanças assim no fluxo podem apresentar mais de uma TIR (BRUNI e FAMÁ, 2012). Na sequência, são apresentadas algumas considerações sobre o investimento específico de substituição de equipamentos.



## 2.5 Substituição de equipamentos

### 2.5.1 Tipos de substituição de equipamentos

A problemática envolvendo a substituição de equipamentos está relacionada com o estudo de situações práticas associadas à baixa dos equipamentos existentes e a aquisição de novos, levando-se em conta a natureza e as consequências da evolução tecnológica (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Os mesmos autores também apresentam alguns modelos de substituição, apresentados nas próximas subseções.

#### 2.5.1.1 Baixa sem reposição

O equipamento deve ser analisado sob esta ótica quando o mesmo deixa de ser econômico, ou seja, seus custos de operação já superam as receitas geradas por ele e sua vida física ainda não foi atingida. Este modelo envolve o cálculo do VPL para todos os períodos geralmente em anos até que se encontre um  $VPL < 0$ .

#### 2.5.1.2 Substituição idêntica

A substituição por equipamento idêntico acontece quando os efeitos causados pelos avanços tecnológicos impactam de maneira reduzida na vida econômica do bem. O maior impacto é ocasionado pelo aumento dos custos de operação/manutenção. O estudo de substituição torna-se conveniente para se encontrar o momento ótimo para troca, balanceando os custos de investimento inicial com os custos de manter o bem em operação.

Para a determinação da vida econômica do equipamento, usam-se os custos anuais uniformes equivalentes (CAUE) ou o valor anual uniforme equivalente (VAUE). O ano em que o CAUE é mínimo e o VAUE é máximo, é considerado o da vida econômica do ativo.

#### 2.5.1.3 Substituição não idêntica

Neste tipo de substituição, entram os conceitos de defensor, do ativo existente e desafiante/atacante e do ativo novo. Esta análise considera a troca por um desafiante com características diferentes e tomam-se duas decisões: (1) a da existência ou não da troca, avaliando-se os custos do desafiante e do defensor e (2) posteriormente se realmente a troca existir analisa-se quando ela deverá ocorrer.

#### 2.5.1.4 Substituição com progresso tecnológico

Nesta análise, considera-se que há um constante aperfeiçoamento dos equipamentos e isto incide em custos de obsolescência que são características externas ao ativo, comparando-se os custos de operação do equipamento desejado com os custos de equipamentos que serão lançados.

## 2.6 Custo anual uniforme equivalente (CAUE)

Método utilizado em análises de substituição ou aquisição de equipamentos e veículos. Levam-se em consideração os custos operacionais, os valores dos investimentos e o preço de venda do bem ao fim da vida útil deste para a empresa. Opta-se pelo bem de menor CAUE (GOMES, 2013).

Todos os custos envolvendo os equipamentos são transformados em uma série uniforme equivalente (LIMA, 2002).

Ou seja, para determinar o CAUE em um dado período, basta trazer a valor presente o fluxo de caixa projetado até este período, descontado à Taxa Mínima de Atratividade (TMA), e transformá-lo em uma série uniforme de pagamentos, que representa o custo que se incorre em cada período para possuir e operar o equipamento. Neste sentido, o período em que o CAUE é mínimo corresponde à vida econômica do bem e, portanto, o momento ótimo de substituí-lo. (SILVA et al, 2012, p. 09).

A Equação 2 apresenta a expressão para o cálculo do CAUE.

$$CAUE = CO + CRC$$

onde

$$CO = \left[ \sum_{j=0}^n (co)_j (1+i)^{-j} \right] \times \frac{i}{1-(1+i)^{-n}}$$

$$CRC = \left[ I - \frac{Vr}{(1+i)^n} \right] \times \frac{i}{1-(1+i)^{-n}}$$

Equação 2: Fórmula do custo anual uniforme equivalente.

Fonte: Gomes 2013.

Para a equação 2 tem-se:

CO = custo operacional equivalente por período

CRC = custo de recuperação do capital por período

$(co)_j$  = custo operacional do período j

n = número de períodos

### 2.6.1 Custo operacional

Ao longo do tempo estes custos são crescentes, sendo incluídos gastos com manutenção, operação e posse do mesmo. Lima (2002) apresenta três formas para classificação destes custos: (1) os custos variam conforme a utilização do bem; (2) apresenta a influência nos cálculos de substituição; e, pôr fim, (3) divide de acordo com a função a que se destinam, conforme apresentado nas próximas subseções.

### *2.6.1.1 Classificação quanto à variação com a utilização*

Compreende os custos fixos que não variam em função da utilização, como: depreciação, remuneração de capital, IPVA/licenciamento/seguro obrigatório, em caso de veículos automotores, seguro facultativo, salário e encargos, etc e os custos variáveis que são gerados pela utilização do bem, como por exemplo, combustível, lavagem, lubrificação, manutenção, etc.

### *2.6.1.2 Classificação quanto à influência nos cálculos*

Dentro desta classificação, são apresentados os custos relevantes para o cálculo e os pouco relevantes. Os primeiros são aqueles cuja incidência está relacionada diretamente com a idade dos equipamentos e devem ser considerados nos cálculos de substituição. São exemplos destes custos, peças de reposição aplicadas, mão de obra de manutenção, depreciação, remuneração de capital, paralisação (perda de produção), custo de aluguel, locação, etc.

Os custos pouco relevantes são aqueles cujas diferenças de um equipamento novo para um velho são pouco relevantes.

### *2.6.1.3 Classificação quanto à função*

Aqui se enquadram os custos de possuir o equipamento, os de manter e os de operar o mesmo. Os primeiros estão relacionados com o capital investido para aquisição do bem, e estes custos decrescem rapidamente nos primeiros anos e moderadamente ao longo da vida útil, um exemplo é a depreciação. A segunda função estão os custos relacionados à manutenção do ativo, bem como, aqueles resultantes da paralisação para manutenções corretivas ou preventivas. Por fim, os custos de operar, são variáveis e relacionados com a utilização do equipamento, a saber, combustíveis, lubrificação, lavagens etc.

## **3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste estudo, foi aplicado o Método do Custo Anual Uniforme Equivalente para encontrar a vida econômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. O trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica dos conceitos de análise de investimentos e dos métodos de substituição de equipamentos.

Quanto à natureza e objetivo, este estudo pode ser caracterizado como aplicado e exploratório, devido ao seu interesse prático e busca pela maior compreensão do problema levantado. Utiliza como principal método, o estudo de caso e quanto à forma de abordagem dos dados coletados pode ser caracterizado como combinado, pois usa aspectos da pesquisa quantitativa e qualitativa (TURRIONI; MELLO, 2012).

Para o levantamento dos dados foram realizadas buscas em *sites* especializados em venda de colhedoras de cana-de-açúcar, contatos diretos com as lideranças

do setor e avaliação de relatórios via sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) implantado na empresa.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os tipos de substituição de equipamentos, optou-se por enquadrar o estudo como uma substituição idêntica, tendo em vista que os avanços tecnológicos impactam de forma reduzida e o intuito é encontrar a vida econômica do bem, comparando os custos operacionais com os custos residuais.

O equipamento analisado é a colhedora Case modelo A8000. Este maquinário foi escolhido em virtude do seu alto custo de aquisição e por ser o mais numeroso no conjunto das máquinas da empresa investigada.

### 4.1 O caso em estudo

A empresa objeto de estudo situa-se no interior do Estado de São Paulo e tem como atividade a formação, cultivo e manutenção de culturas permanentes de cana-de-açúcar. A cultura é comercializada substancialmente para uma indústria produtora de açúcar e álcool que fica situada nas proximidades da mesma. O preço de venda praticado usa como referência a sistemática de pagamento adotado pela CONSECANA (Conselho dos produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo).

Para a colheita da produção, a organização dispõe de 48 colhedoras, que trabalham ao longo do ano-safra que é compreendido de Abril a Dezembro. No período de entressafra (Janeiro a Março), ocorre massivamente a manutenção dos ativos. Atualmente, o quadro de colaboradores é de aproximadamente 1.800 pessoas, divididas em diversas operações.

A vida útil dos equipamentos é de 5 anos, porém há registros de uso de até 6 anos. Hoje o único parâmetro para a substituição destes ativos é a ineficiência operacional.

Das 48 colhedoras, 35 são equipamentos Case e 13 são da marca John Deere e trabalham em média 18 horas por dia. No término da vida útil, os maquinários são disponibilizados para desmanche ou para leilão.

### 4.2 Análise econômica

Os dados referentes aos custos de manutenção e operação foram coletados via sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) implantado na empresa. Para a composição dos custos de manutenção, foram levantadas todas as manutenções realizadas nas colhedoras do estudo de caso e pelos valores das horas/homem dos mecânicos. Os custos operacionais foram compostos pelo consumo médio de combustível no ano/safra e o custo hora/homem dos motoristas dos equipamentos.

Os gastos com manutenção durante a safra são representados significativamente

peço que as unidades produtoras chamam de melhorias e adaptações. Essas ações são: revestimentos nas partes de maior exigência das colhedoras, como os divisores de linha, corte de base, rolos e extratores. Essas melhorias são necessárias para tornarem os equipamentos mais robustos para suportarem cada vez mais as condições severas encontradas na colheita. (BANCHI et al., 2012). A Figura 1 apresenta a disponibilidade de colhedoras ao longo de 5 safras. Nota-se a crescente queda de disponibilidade.

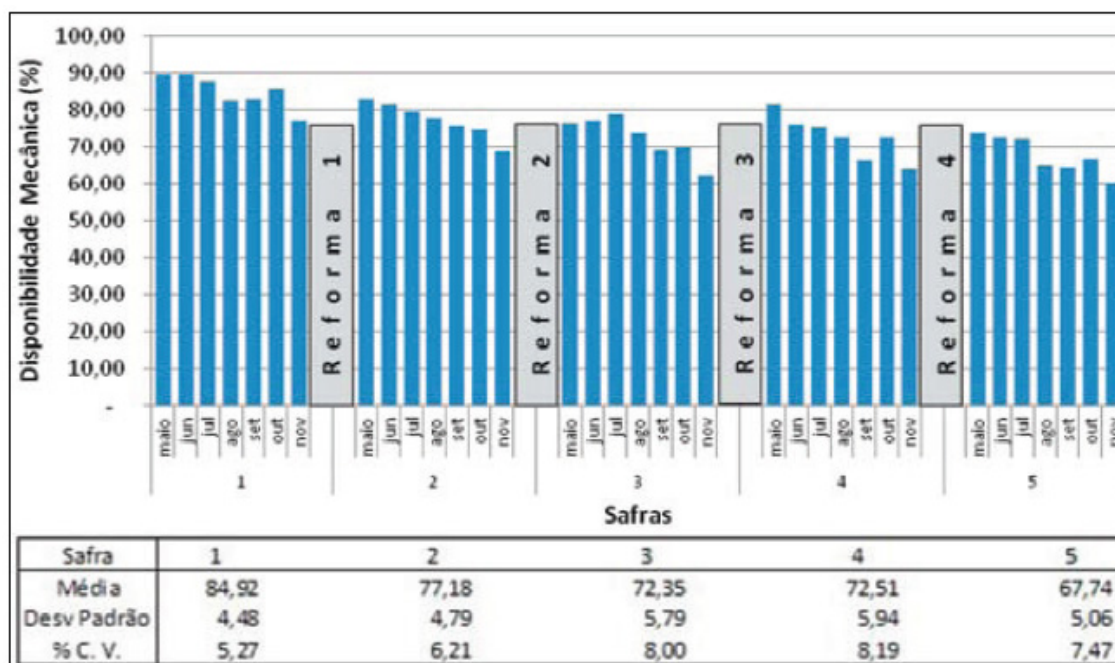


Figura 1: Disponibilidade de manutenção, detalhado mês a mês e análise estatística da eficiência anual.

Fonte: Banchi et. al., 2012.

O custo de aquisição foi levantado junto à organização via sistema ERP e o valor médio de venda da colhedora foi estipulado de acordo com os últimos valores destas máquinas nos leilões em que a organização disponibilizou equipamentos e também em sites especializados no comércio de implementos agrícolas. A Tabela 1 apresenta os custos operacionais e de manutenção ano a ano da colhedora estudada bem como o preço de aquisição e o valor usado na depreciação.

Equipamento	Colhedora de cana de açúcar
<u>Vida útil</u>	<u>5 anos</u>
<u>Custo de aquisição</u>	<u>R\$ 880.000,00</u>
<u>Depreciação contábil linear</u>	<u>25%</u>
<u>Custo anual de manutenção e operação 1</u>	<u>R\$ 300.000,00</u>
<u>Custo anual de manutenção e operação 2</u>	<u>R\$ 310.000,00</u>
<u>Custo anual de manutenção e operação 3</u>	<u>R\$ 340.000,00</u>
<u>Custo anual de manutenção e operação 4</u>	<u>R\$ 370.000,00</u>
<u>Custo anual de manutenção e operação 5</u>	<u>R\$ 485.000,00</u>

Tabela 1: Levantamento dos custos operacionais e manutenção por ano de trabalho.

Fonte: dados da pesquisa.

A Figura 2 mostra o crescimento progressivo dos custos de operação do equipamento, deixando claro que ao longo dos anos o equipamento vai se tornando cada vez mais oneroso para a organização e sem dúvida há a queda da disponibilidade.

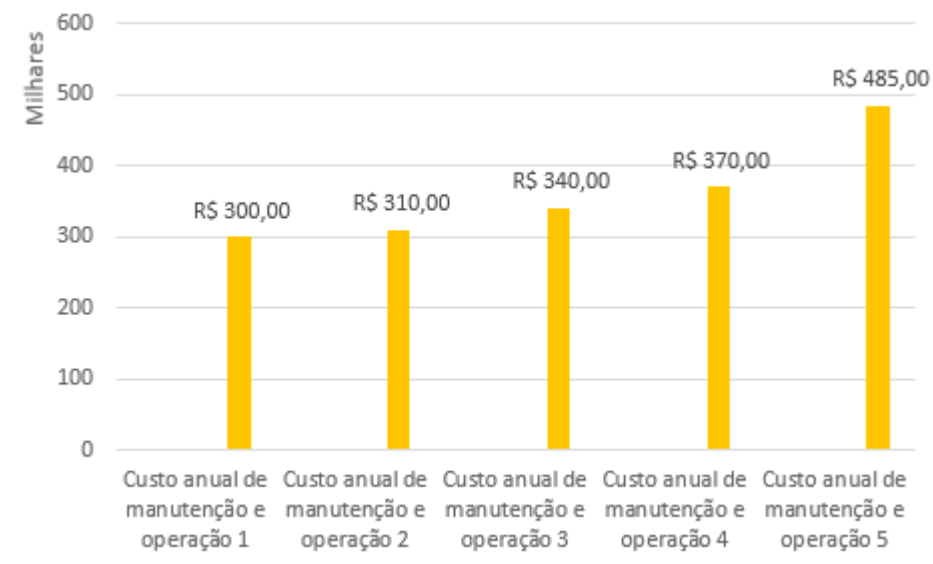


Figura 2: Crescimento progressivo dos custos operacionais.

Fonte: dados da pesquisa.

Para se chegar no CAUE, foi utilizada uma planilha eletrônica para auxiliar nos cálculos. Foi considerada uma taxa mínima de atratividade de 10%. A fórmula utilizada na planilha é a expressão apresentada na Equação 2.

O preço de aquisição de R\$880.000,00 foi o valor médio adquirido pela empresa nos últimos dois anos.

O valor residual para os dois primeiros anos são os efeitos da depreciação de 25%; para o terceiro e quarto anos foi encontrado o valor médio de venda praticados em sites especializados na venda destes equipamentos e o valor do quinto ano é a média dos valores dos itens leiloados. A Tabela 2 sintetiza essas informações.

Preço de Aquisição		10%				
Ano safra	1	2	3	4	5	
Gastos com manutenção por colhedora	R\$ 300.000,00	R\$ 310.000,00	R\$ 340.000,00	R\$ 370.000,00	R\$ 485.000,00	
VALOR RESIDUAL	R\$ 754.285,71	R\$ 628.571,43	R\$ 450.000,00	R\$ 235.000,00	R\$ 70.000,00	

Tabela 2: Apresentação dos valores utilizados no cálculo do CAUE.

Fonte: dados da pesquisa.

Os valores dos custos anuais uniformes equivalentes do equipamento do estudo de caso são apresentados na Tabela 3. Percebe-se que o ano com o custo mais baixo é o ano 2. Isso se explica, pois uma colhedora de cana-de-açúcar que opera

em torno de 15.000 horas se torna operacionalmente inviável (BANCHI et al., 2012). A quantidade média de horas de operação diária é de 18 horas e considerando-se o ano safra de 270 dias, a inviabilidade se torna presente no final do segundo ano de operação. Assim, é identificado um decréscimo significativo da disponibilidade do equipamento.

<b>CAUE ANO 1</b>	R\$ 513.714,00
<b>CAUE ANO 2</b>	R\$ 512.489,80
<b>CAUE ANO 3</b>	R\$ 533.317,22
<b>CAUE ANO 4</b>	R\$ 554.149,54
<b>CAUE ANO 5</b>	R\$ 573.698,84

Tabela 3: Apresentação dos valores do CAUE.

Fonte: dados da pesquisa.

Pela Tabela 3, nota-se que o momento ideal para a troca do equipamento é no final do segundo ano de atividade. Isso se dá pelo aumento significativo dos custos com manutenção e operação a partir do terceiro ano.

Adotando-se a substituição no final do segundo ano, tem-se um custo de R\$512.489,80 contra R\$573.698,84 no quinto ano, apresentando uma economia de R\$61.209,04 por colhedora. Representando uma redução de aproximadamente 11% de custos por equipamento.

## 5 | CONCLUSÃO

De acordo com os dados levantados, fica evidente a adoção de alguma medida para a redução dos custos operacionais dos equipamentos objetos do estudo. A análise dos dados, apresentada ao longo da seção 4, mostra os benefícios alcançados com a determinação da vida econômica do bem. Ficou claro que a adoção desta análise é necessária para se explorar uma oportunidade de ganhos financeiros.

Desta forma, este artigo, atingiu o objetivo de aplicar o indicador CAUE para a determinação da vida econômica de uma colhedora de cana-de-açúcar a fim de encontrar o melhor período para a substituição do bem. Esta análise é pouco explorada pelas organizações atuais, porém mostra seu potencial de economia.

Com a aplicação da metodologia foi possível encontrar a vida econômica do bem e levantar os ganhos oriundos com a adoção desta prática. Ficou evidente o ganho financeiro obtido com a venda das colhedoras no final do segundo ano de operação. O valor economizado pode ser reinvestido, por exemplo, em medidas com foco no aumento da disponibilidade das máquinas, ações para a redução do consumo

de combustíveis, etc. Assim, a aplicação do CAUE faz-se necessária para buscar uma redução de custos que fica implícita no ambiente corporativo.

A aplicação deste método ainda apresenta grandes dificuldades no levantamento dos custos de manutenção e consumo, pois ainda há falhas nos apontamentos das atividades, tanto de reparos quanto nos levantamentos dos consumos, podendo haver algumas oportunidades de melhorias.

Com o desenvolvimento deste estudo, conclui-se que é necessário um olhar diferenciado para este tipo de ativo, pois com o advento das colheitas cada vez mais mecanizadas, a aquisição destes equipamentos pelas usinas se torna imprescindível. Por isso, uma otimização das operações, envolvendo a colheita se torna inevitável e a adoção da análise dos custos vem auxiliar nas tomadas de decisões.

## REFERÊNCIAS

BANCHI, Ângelo D.; LOPES, José Roberto; FERREIRA, Valter A. C.; SCARANELLO, Leandro T. Análise de reforma de colhedoras de cana-de-açúcar. **Agrimotor**, v. 1, n. 1, p. 40-43, jun. 2012.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. **As decisões de investimentos**: com aplicações na HP12C e Excel. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 2 v.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITCKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 411 p.

FERREIRA, Vanessa Elionara Souza; ALMEIDA, Antonia Claudenice Pinheiro de; PAULA, Monaliza Ferreira Rodrigues de; TABOSA, Cristiane de Mesquita. Análise da viabilidade econômico-financeira da substituição de caminhões betoneira em uma fábrica concreteira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Abepro, 2014. p. 1 - 22. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_TN\\_STO\\_197\\_117\\_25041.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_197_117_25041.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2015.

GOMES, José Maria. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos**: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros. São Paulo: Atlas, 2013. 176 p.

LIMA, Adriano Araújo de; **Uma metodologia para a determinação do ponto econômico de substituição de equipamentos de transporte**. 2002. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83877>>. Acesso em: 7 jun. 2015.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf)>. Acesso em: 22 Março 2014.

SILVA, Breno Augusto de Oliveira; NOGUEIRA, Sergio Guimaraes; REIS, Ernando Antonio dos. Determinação do momento ótimo para substituição de equipamentos sob as óticas da gestão econômica e da engenharia econômica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Abepro, 2012. p. 1 - 18. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STO\\_159\\_926\\_20483.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_159_926_20483.pdf)>. Acesso em: 11 ago. 2015.



TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: UNIFEI, 2012.

WARSCHAUER, Claus Leon. Engenharia Econômica. In: CONTADOR, José Celso (Org.). **Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. Cap. 5. p. 65-85.

## ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM UMA PROPRIEDADE RURAL PRODUTORA DE CAFÉ NO INTERIOR DE MINAS GERAIS

**Gabriela Vilas Boas Pini**

Universidade de Franca  
Franca – SP

**Priscila Nayara Gonçalves**

Universidade de Franca  
Franca – SP

**Gabriela Azevedo Motta**

Universidade Federal de São Carlos  
Franca – SP

**RESUMO:** Responsável pela maior parte dos alimentos consumidos no país, a agricultura familiar recebe incentivos financeiros do Governo Federal através de programas voltados para a agricultura, com o intuito de fomentar o crescimento do setor e possibilitar que tenham condições para aumentar o volume produzido. Nesse sentido, o uso de métodos da gestão financeira auxilia o produtor rural a identificar o programa que melhor se encaixa nas condições que possui e que melhor atenderão suas necessidades. Diante disto o trabalho tem como objetivo demonstrar a análise da viabilidade financeira da aquisição de máquinas e implementos agrícolas para uma propriedade que possui como principal atividade a produção de café. O trabalho é composto primeiramente por uma fundamentação teórica que contém as definições de agricultura familiar

e gestão financeira, seguida pela metodologia, a descrição do estudo de caso e por fim as considerações finais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viabilidade econômico financeira; Agricultura Familiar; Substituição de Equipamentos.

**ABSTRACT:** Responsible for most of the food consumed in the country, family agriculture receives financial incentives from the Federal Government through programs aimed at agriculture, with the purpose of fostering the growth of the sector and enabling them to be able to increase the volume produced. In this case, the use of financial management methods helps rural producers to identify the program that best fits the conditions they have and that will best meet their needs. The objective of this work is to demonstrate the analysis of the financial viability of the acquisition of agricultural machines and implements for a property whose main activity is coffee production. This work is composed of a theoretical foundation that contains the definitions of family agriculture and financial management, followed by the methodology, the description of the case and finally the final considerations.

**KEY WORDS:** Financial economic viability; Family Agriculture; Equipment Replacement.

## 1 | INTRODUÇÃO

A agricultura familiar possui um papel importante na economia brasileira que, segundo o levantamento do Ministério do Desenvolvimento Agrário (2016), é responsável pela produção de 70% dos alimentos consumidos no país. Para que o setor continue a crescer o Governo Federal realiza programas de financiamentos com o Complexo da Agroindústria (CAI) possibilitando aquisição de máquinas e equipamentos, cursos e treinamentos, diversificação de plantio e modernização da agricultura e agroindústria (SANTOS, 2003).

Segundo a Constituição brasileira, materializada na Lei nº 11.326 de julho de 2006, considera-se agricultor familiar aquele que desenvolve atividades econômicas no meio rural e que atende alguns requisitos básicos, tais como: não possuir propriedade rural maior que quatro módulos fiscais (um módulo fiscal corresponde de 5 à 100 hectares); utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas de propriedade; e possuir a maior parte da renda familiar proveniente das atividades agropecuárias desenvolvidas no estabelecimento rural.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE realizou um levantamento sobre o volume de investimentos e financiamentos que órgãos federais realizaram em 2014 na agricultura familiar, atingindo um montante de R\$28,9 milhões com o projeto Plano/Safra realizado pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) que objetiva a redução de juros e facilita o acesso à Assistência Técnica de Extensão Rural (ATER).

Segundo Gitman (2010), existem ferramentas e modelos financeiros que possibilitam a análise da viabilidade econômica em qualquer setor da economia, dessa forma o produtor rural pode escolher o melhor programa para seu empreendimento. Com o uso da ferramenta Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) realizou-se um estudo de caso em um empreendimento agrícola familiar com o objetivo de analisar a viabilidade de um financiamento bancário específico para compra de implementos agrícolas para uma propriedade rural produtora de café situada em Capetinga – MG.

O estudo se justifica pela importância da realização da análise de viabilidade antes da aquisição de máquinas e equipamentos, possibilitando ao produtor uma análise crítica para várias opções de crédito disponíveis no mercado, com olhar não somente aos juros incorridos, mas principalmente no retorno e na geração de receita que o investimento propõe.

Neste contexto, primeiramente apresenta-se a fundamentação teórica, composta pelas definições de agricultura familiar e gestão financeira, em seguida a metodologia adotada, descrição do caso, coleta de dados e análise dos resultados, seguido das considerações finais.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Agricultura familiar

Existem diversos conceitos de agricultura familiar devido à diversidade das práticas agrícolas utilizadas pelos produtores de sistemas de produção, no entanto, de uma forma sintética e consensual, a agricultura familiar pode ser entendida como a relação entre trabalho, terra e família (CARNEIRO, 1999 *apud* SILVA; JESUS, 2010).

Segundo Salvodi; Cunha (2010) em termos conceituais, para ser mantido o caráter familiar da produção exige-se a presença, de ao menos um membro da família, que combine as atividades de administrador da produção com a de trabalhador.

Costa (2008) considera a agricultura familiar complexa, pois membros da família são os responsáveis pelo gerenciamento da produção e por todo o processo produtivo, que envolve plantio, colheita, manutenção e venda dentro de uma área limitada.

Para Abramovay (1997) relacionar as características da agricultura familiar apenas ao pequeno produtor, considerando que este vive em condições precárias, que tem pouco acesso ao sistema de crédito, que conta com técnicas tradicionais e que não consegue se integrar aos mercados mais competitivos é desconhecer traços importantes do desenvolvimento agrícola.

A agricultura familiar se fortalece e ganha espaço no cenário econômico do país. Segundo Flores (2002, *apud* Silva; Jesus, 2010) este fortalecimento está relacionado às facilidades de acesso ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e aos progressos na política de crédito rural e de investimentos em infraestrutura de apoio ao desenvolvimento da agricultura familiar.

De acordo com o último Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2014, em torno de 74% da ocupação do campo e 62% do valor bruto da produção do país estão relacionados à agricultura familiar.

### 2.2 Gestão financeira

O termo finanças é definido por Gitman (2010) como a arte e a ciência de administrar o dinheiro, na qual o gestor é responsável pela administração dos assuntos financeiros de qualquer tipo de organização financeira ou não financeira, privada ou pública, grande ou pequena, com ou sem fins lucrativos. Suas principais atividades são: análise e planejamento financeiro; e a tomada de decisões de investimentos e financiamentos.

Já GropPELLI e Nikbakht(2010) definem finanças como sendo a aplicação de uma série de princípios econômicos e financeiros, para aumentar riqueza dos investidores maximizando o valor presente líquido (fluxo de caixa futuro, descontado a data inicial, menos os custos originais) ou para medir a rentabilidade. Uma empresa maximiza a riqueza investindo em projetos e adquirindo ativos cujos retornos combinados produzem maiores lucros com menores riscos.

A gestão financeira possui uma relação estreita com a economia e contabilidade usando de suas ferramentas e metodologia para análises e demonstrações. Dentre suas atribuições estão também o cuidado e a saúde do caixa da empresa; o valor do dinheiro no tempo; análises de risco e retorno; taxas de juros na aquisição de empréstimos e financiamentos, e no pagamento de dividendos (GITMAN, 2010).

Os princípios gerais econômicos aplicados no comércio e indústria também são aplicados na agricultura. Entretanto considera-se algumas características particulares do empreendimento agrícola, tais como: A terra (solo) e a localidade é um fator de produção; o clima e as estações do ano como condicionante das atividades agropecuárias; produção associada geração do produto principal (ovos) e co-produtos (carne e esterco); cooperativas de pequenos produtores e agricultura familiar; especial importância de posse de terra; oferta sazonal para uma demanda permanente; produtos perecíveis e; alto risco (econômico, meteorológico e biológico) (HOFFMANN, 1987).

Para Nogueira (1999) as técnicas de análise e comparações financeiras são as mesmas para qualquer setor industrial, atingindo assim o setor agroindustrial e agrícola.

Em uma análise de viabilidade, segundo Machado (2002) são necessárias informações e dados para facilitar a própria análise e facilitar a tomada de decisão. Essas informações podem ser reunidas, de forma convencional, em um fluxo de caixa.

Para Laponi (2007) o início da construção do fluxo de caixa de um projeto ou investimento é composto pela identificação e quantificação das estimativas relevantes ao projeto ou investimento. Conceitualmente, Gitman (2010), explica o fluxo de caixa como a principal estrutura da empresa, pois através do mesmo é possível saber a existência de recursos satisfatórios para apoiar as operações ou precisão de financiamentos bancários.

O fluxo de caixa representa as movimentações financeiras da empresa, por meio de um conjunto de ingressos e saídas de recursos da empresa, em intervalos de tempo estabelecidos. Essa representação facilita a visualização do capital em diferentes momentos, e por meio dela é possível prever eventuais excedentes ou escassez, antecipando eventos futuros e tomando as medidas cabíveis (REBELATTO, 2004; ASSAF NETO, 2002).

A partir do desenvolvimento do fluxo de caixa é possível utilizar métodos financeiros para auxiliar a análise de viabilidade econômica. Serão descritos a seguir dois deles: Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno.

### *2.2.1 Valor presente líquido*

O VPL (Valor Presente Líquido) é de muita relevância na gestão financeira, pois fornece uma base para comparar a lucratividade de vários projetos ou investimentos diferentes durante um determinado período. É representado pelo valor do dinheiro dos retornos ou rendas futuras, descontada a taxa de capitalização ou taxa de juros

incorridos (GROPPELLI e NIKBAKHT, 2010).

É importante ressaltar que o VPL é um método simples e frequentemente utilizado para a determinação da vida econômica de veículos e equipamentos em geral, no qual se calcula o VPL do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial de cada alternativa e escolher aquela que apresenta o melhor resultado (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Para Gitman (2010) esse método considera o valor do dinheiro no tempo, sendo uma técnica de orçamento de capital. Seu cálculo consiste na subtração do investimento inicial ao valor presente de suas entradas de caixa, descontadas à taxa de custo de capital da empresa, como representado na equação (1).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+i)^j} - FCo \quad (1)$$

Onde:

FCt é o valor presente de suas entradas de caixa;

FCo é o investimento inicial de um projeto;

i é a taxa de custos de capital da empresa;

t é a quantidade de períodos.

Os critérios de decisão de aceitação ou rejeição consistem em: Se o VPL for maior que zero deve-se aceitar o projeto ou investimento, caso o VPL seja menor que zero, rejeitar o projeto (GITMAN, 2010).

Dentre as vantagens do método, Lapponi (2007) aponta algumas como: considera o valor do dinheiro no tempo, uma vez que usa taxa de juros descontadas; considera o fluxo de caixa total do projeto; tem a possibilidade de medir a criação (ou destruição) de valor do projeto; auxilia na escolha do projeto mais viável.

### 2.2.2 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR), para Assaf Neto (2009), representa a taxa de juros que iguala as entradas com as saídas de caixa, sendo aplicada para mensuração do retorno de um investimento, bem como para analisar um empréstimo ou financiamento. Rebelatto (2004) completa que esse método é um dos mais utilizados para avaliar projetos econômicos.

Gitman (2010) mostra que para o cálculo de TIR é considerado o fluxo inicial calculado no VPL, equação (1), igualando, então, os fluxos a zero, equação (2).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+i)^j} - FCo = TIR \rightarrow 0 \quad (1)$$

Onde:

FCt é o valor presente de suas entradas de caixa;

FCo é o investimento inicial de um projeto;

$i$  é a taxa de custos de capital da empresa;  
 $t$  é a quantidade de períodos.

Os critérios de decisão de aceitação ou rejeição, segundo Gitman (2010) e Lapponi (2007), consistem em: Se a TIR for maior que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade), o projeto pode ser aceito, visto que é economicamente viável. Se a TIR for menor que a TMA, o projeto é considerado economicamente inviável, devendo ser rejeitado.

Observou-se que a TIR deve ser comparada com a TMA para verificar se o projeto é viável ou inviável. Para Kassai (1999) a TMA é a taxa mínima a ser alcançada em determinado projeto, caso contrário o mesmo deve ser rejeitado, é uma taxa que demonstra um rendimento mínimo de uma segunda melhor alternativa do mercado.

Dessa forma, aumentando a taxa mínima, o VPL do projeto tende ao valor do custo inicial. Uma vez que a TIR é a taxa de juro que zera o VPL de um investimento, para qualquer taxa requerida menor que a TIR o VPL será positivo, e para qualquer taxa requerida maior que a TIR o VPL será negativo, justificando a viabilidade do retorno do projeto (LAPPONI, 2007).

### 3 | METODOLOGIA

Realizou-se o estudo em um empreendimento de agricultura familiar situado no interior de Minas Gerais no município de Capetinga, no qual foram coletados dados sobre as máquinas agrícolas que o proprietário pretende adquirir por meio de um financiamento bancário.

A coleta de dados foi realizada por meio de observações *in loco*, cotações dos dados quantitativos relacionados aos valores de compra do maquinário, custos de mão de obra, custo de manutenção, bem como condições propostas pelo banco para a realização do financiamento.

A partir da coleta de dados, os mesmos foram analisados com o uso de métodos de análise e seleção de alternativas de investimentos, como VPL e TIR, verificando sua viabilidade para o proprietário agrícola.

### 4 | ESTUDO DE CASO

A propriedade que o estudo foi realizado possui extensão de 46 hectares (equivalente a um módulo fiscal), sendo 12 deles com plantação de café produzindo, isto é, a árvore já é adulta e produz frutos em volume mínimo para geração de receita. O volume médio de produção é estimado em 500 sacas por ano, considerando o ciclo bienal da produção.

A mão de obra fixa presente na propriedade são dois funcionários, no qual um é responsável pelo recolhimento do fruto na lavoura e pela administração da propriedade, e o outro pela manipulação do café na fase de secagem. No entanto, são necessários cerca de 20 funcionários temporários para auxiliar no período de colheita da safra,

sendo, então, contratados dentro dos parâmetros da lei trabalhista rural.

#### 4.1 Coleta e análise de dados

A coleta de dados foi realizada na propriedade, observando a necessidade de maquinários, bem como os incentivos fiscais disponibilizados pelo banco aos proprietários rurais.

A aquisição dos equipamentos se justifica pela obsolescência do maquinário utilizado na circunstância do estudo. Para verificar a viabilidade de realizar a compra através de um financiamento no banco ou pagamento à vista foi necessário realizar a coleta de dados, para, em seguida, realizar os cálculos de VPL e TIR.

Os equipamentos utilizados na propriedade em estudo, com suas respectivas cotações de valor de compra podem ser observados na tabela 1.

Equipamento	Cotação
Trator	R\$ 76.908,26
Carreta agrícola de transporte	R\$ 8.864,00
Carreta distribuidora	R\$ 15.143,00
Pulverizador	R\$ 14.118,00
Roçadeira	R\$ 6.725,00

Tabela 1. Cotação dos valores dos equipamentos

Fonte: Baseado em cotações realizadas em sites de compra de veículos

Desses equipamentos o trator e a carreta agrícola de transporte são mais utilizados na colheita, já os demais equipamentos na pré-colheita. Dessa forma, para a realização desse estudo foi considerado somente os equipamentos utilizados na colheita, que é a fase que gera a maior parte dos recursos e custos.

Como proposta de financiamento o banco sugere o pagamento em dez anos, com dois de carência até o pagamento da primeira parcela, com a taxa efetiva de 2% ao ano.

Para a realização dos fluxos de caixa foi adotado como economia o valor das horas trabalhadas e o valor residual do equipamento no último período. Já como desembolsos, os gastos com manutenção, combustíveis e terceirização, caso ocorresse.

Para o cálculo da TIR e do VPL do trator adotou-se que se o mesmo fosse comprado à vista, como investimento inicial o valor de compra seria de R\$ 102.116,71. O valor que o proprietário espera economizar se adquirir o equipamento ao invés de terceirizar o serviço, obtido através da multiplicação da média das horas de utilização do trator de 332,5 horas pelo valor da hora trabalhada de R\$ 70,00, resulta em R\$ 23.275,00 por ano. As parcelas uniformes do financiamento de R\$ 8.561,63 e a projeção dos valores referentes à manutenção, de aproximadamente R\$6.475,67 por ano, compreendida dos custos de combustível, graxas, óleo de motor, fluido hidráulico e pneus. No último período, após sua depreciação, observa-se um valor residual de R\$ 40.000,00. Esses dados referentes ao trator podem ser observados na tabela 2.



PERÍODO	VALORES (R\$)
0	-R\$ 102.116,71
1	R\$ 25.361,26
2	R\$ 25.361,26
3	R\$ 25.361,26
4	R\$ 25.361,26
5	R\$ 25.361,26
6	R\$ 25.361,26
7	R\$ 25.361,26
8	R\$ 25.361,26
9	R\$ 25.361,26
10	R\$ 65.361,26

Tabela 2. Demonstração dos valores obtidos (por período) para o trator.

Fonte: Autoras

Na tabela 2 os períodos são correspondentes a cada ano de pagamento do financiamento e os valores correspondente às parcelas que serão pagas por período, resultando em um VPL de R\$ 158.506,88 e em uma TIR de 23%.

Para o cálculo da TIR e do VPL da carreta agrícola de transporte adotou-se como investimento inicial o valor de compra de R\$ 15.000,00. O valor que o proprietário espera economizar se adquirir o equipamento ao invés de terceirizar o serviço, obtido através da multiplicação da média das horas de utilização da carreta de 79 horas pelo valor da hora trabalhada de R\$ 70,00, resultando em R\$ 5.530,00 por ano, as parcelas uniformes do financiamento de R\$ 986,80 e no último período um valor residual de R\$ 1.000,00. Esses dados referentes à carreta agrícola podem ser observados na tabela 3.

PERÍODO	VALORES (R\$)
0	-R\$ 15.000,00
1	R\$ 6.516,80
2	R\$ 6.516,80
3	R\$ 6.516,80
4	R\$ 6.516,80
5	R\$ 6.516,80
6	R\$ 6.516,80
7	R\$ 6.516,80
8	R\$ 6.516,80
9	R\$ 6.516,80
10	R\$ 7.516,80

Tabela 3. Demonstração dos valores obtidos (por período) para a carreta.

Fonte: Autoras

Na tabela 3 o campo de período é correspondente a cada ano de pagamento do financiamento e os valores correspondem às parcelas que serão pagas por período, resultando em um VPL de R\$ 44.358,04 e em uma TIR de 42%.

Observa-se que o custo da subcontratação do serviço do trator e da carreta agrícola de transporte é alto se comparado com a parcela do financiamento. Como as atividades dos equipamentos são fundamentais para a produção agrícola pesquisada o investimento no equipamento se justifica analisando a redução do gasto anual com a subcontratação do serviço.

## 5 | CONCLUSÃO

A administração financeira possui uma variedade de ferramentas e modelos matemáticos para realizar análises financeiras, contudo para realizar a melhor escolha da ferramenta e/ou modelo é necessário um conhecimento da rotina da empresa, do perfil do empreendedor e a confiabilidade dos dados. Nesse estudo foi realizado o levantamento dos dados juntamente com o proprietário, permitindo a análise e confiabilidade nos três fatores.

Com o uso do VPL e da TIR pode-se verificar que tanto para o trator, quanto para a carreta agrícola de transporte o resultado foi positivo, demonstrando a viabilidade da aquisição do empréstimo. Verificou-se, também, que a taxa de juros de 2 %, decorrente dos programas de incentivo à agricultura familiar, é pequena em relação aos 14,18% da taxa Selic acumulada do ano de 2016 (RECEITA FEDERAL, 2017).

Para estudos futuros sugere-se a aplicação dos mesmos métodos nos demais equipamentos que são utilizados na pré-colheita, bem como a utilização de outros métodos de análise de investimento, como por exemplo o *Payback*, que faria uma análise do retorno do capital em uma análise de tempo.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Agricultura familiar e uso do solo**. São Paulo em Perspectiva, 1997. Disponível em: <<http://ricardoabramovay.com/agricultura-familiar-e-uso-do-solo/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

Ministério do Desenvolvimento Agrário. **AGRICULTURA familiar**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/tags/agricultura-familiar>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

ASSAF NETO, A.; **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico financeiro**. 7ª ed. São Paulo. Atlas, 2002.

ASSAF NETO, A.; **Curso de Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.

**BRASIL**. Lei nº 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Rurais**.

CASAROTTO FILHO, N. e KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 11 ed. São Paulo: Atlas,

2010.

COSTA, J.P.; RIMKUS, L.M.; REYDON, B.P.; **Agricultura Familiar, Tentativas e Estratégias para assegurar um mercado e uma renda**. Unicamp. 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/846.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2017.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GROPPELLI, A. A. e NIKBAKHT, E. **Administração financeira**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. 5 ed. São Paulo: Pioneira, 1987.

**INDICADORES**. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

KASSAI, R., et al.; **Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. São Paulo: Atlas, 1999.

LAPPONI, J. C.; **Projetos de Investimento na Empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MACHADO, J. A. P.; **Projetos Econômicos: uma abordagem prática de elaboração**. São Paulo: Nobel, 2002.

NOGUEIRA, E.; **Análise de investimentos**. In: BATALHA, M. O. Gestão agroindustrial. 2º ed. SÃO PAULO: ATLAS, 1999.

REBELATTO, D.; **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri: Manole, 2004.

SAVOLDI, A.; CUNHA, L.A.; **Uma abordagem sobre a agricultura familiar, PRONAF e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970**. Revista Geografar, Curitiba, v.5, n.1, p.25-45, jan/jun. 2010.

SANTOS, J. C.; **Um breve ensaio sobre a questão agrária no Brasil – Da colonização à modernização da agricultura: uma contribuição para o entendimento do sistema agroindustrial do leite**. 2003. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/1113%2002/07/14>> Acesso em: 02 jan. 2017.

SILVA, J.R e JESUS, P. **Os desafios do novo rural e as perspectivas do novo rural no Brasil**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas e Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2010. Disponível em: <<http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNepi2010/paper/viewFile/1407/457>> Acesso em: 02 jan. 2017.

**TAXA de juros Selic**. In: Receita Federal. Brasília, 2017. Disponível em:<<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

## AÇÕES ESTRATÉGICAS EM UMA IMPORTADORA DE ARTIGOS PARA ILUMINAÇÃO: UM ENFOQUE NA VARIAÇÃO CAMBIAL

### **Guilherme Mendes Fernandes**

(UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Joinville – Santa Catarina

### **Eduardo Loewen (UFSC)**

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Joinville – Santa Catarina

### **Elisete Santos da Silva Zagheni**

(UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Joinville – Santa Catarina

### **Janaina Renata Garcia**

(UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Joinville – Santa Catarina

**RESUMO:** Nos últimos anos, algumas empresas nacionais tiveram que adotar medidas que serviram como base para driblar as crises econômica e política existentes no país, tornando a adoção do processo estratégico um ponto de partida para as organizações estruturadas alcançarem seus objetivos. Assim, o objetivo do estudo é analisar o processo estratégico de uma importadora do setor de iluminação, e verificar o impacto causado pela variação cambial neste processo. Classificou-se a pesquisa como sendo do tipo exploratória, com abordagem qualitativa, aplicada a um estudo de caso. A

empresa pesquisada atua como importadora de soluções em iluminação, localizada em Criciúma/SC. Para viabilizar o levantamento de dados e informações, utilizou-se como instrumento de pesquisa um questionário estruturado com perguntas abertas, o qual deu margem para análise dos resultados e discussões. Foi possível eleger para a empresa estudada algumas ações estratégicas no âmbito inovativo, de rentabilidade, de relacionamento, entre outras, imprescindíveis para atuação no mercado global.

**PALAVRAS-CHAVE:** Importação, processo estratégico, variação cambial.

### 1 | INTRODUÇÃO

A economia brasileira está cada vez mais dinâmica no âmbito global e a ascensão dos investimentos em produtos internacionais para o desenvolvimento, crescimento e/ou modernização das empresas, traz como benefício maior rentabilidade de produtos e serviços. Internacionalizar as operações, “significa para uma empresa, participar ativamente, como *global player* (competidor global), de uma complexa trama de relações com fornecedores, clientes e competidores internacionais” (PASTORE *et al*, 2008, p.63).

Cyrino e Penido (2006 *apud* PASTORE *et*

al, 2008, p.65) citam três benefícios da internacionalização das operações por parte das empresas:

i) A conquista de novos mercados; ii) a melhoria de eficiência, através do acesso a melhores recursos e da absorção de economias de escopo e de escala; e iii) a aprendizagem, isto, é, o acesso a conhecimento e a práticas tecnológicas mais avançadas.

Barakat (2012, p. 12), corrobora a ideia anterior e acrescenta que os dois principais benefícios do processo de internacionalização são “o aumento do valor da marca pela presença internacional e a capacidade ampliada de atendimento a clientes globais”, além da diferenciação perante concorrentes domésticos ou menos internacionalizados.

O processo de internacionalização do Brasil decorre da década de 90, embora o país vivencie mudanças no âmbito econômico desde a segunda guerra mundial, passando de uma economia baseada na produção agrícola a uma economia com foco na manufatura. Na década de 90, com governo Collor, houve a abertura econômica do país por meio de mudanças na política de comércio exterior, caracterizando a integração de países por intermédio de acordos bilaterais e multilaterais (VIEIRA, 2005).

Com essa abertura de mercado, o Brasil passou a obter mais incentivos à importação de bens e serviços para que estabelecesse maior competitividade no mercado brasileiro, assim, com uma redução na alíquota média de impostos de importação até o ano de 1994 de 18,1%, fez-se evidenciar o quão benéfico foi o avanço desse processo de abertura comercial (VIEIRA, 2005).

Outro fato que ocorreu para um crescente aumento das importações foi a implementação do plano real, em 1994, que resultou em uma supervalorização do real em relação ao dólar. Nesse momento, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no mês de dezembro deste mesmo ano houve um déficit na balança comercial de 624 milhões de dólares, no qual Vieira (2005, p.21) relata que “no primeiro ano do Plano, as importações cresceram mais de 70% em relação aos 12 meses anteriores. E no mesmo período, as exportações cresceram 20%”.

Desta maneira, países que dependem da exportação para manter a economia ativa podem sofrer com a desvalorização do dólar, processo que tende a afetar diretamente a balança comercial dos países em desenvolvimento. Sendo assim, é notável que esses países, caso do Brasil, sejam dependentes da estabilidade econômica de países desenvolvidos. De modo geral, empresas que contam com tecnologias internacionais estão sujeitas às oscilações econômicas internas, tornando necessário para o contorno destas situações o planejamento de diversas ações estratégicas.

Assim, o objetivo deste artigo é analisar o processo estratégico de uma importadora do setor de iluminação, e verificar o impacto causado pela variação cambial neste processo.

A seção seguinte apresenta um breve referencial teórico, seguida da metodologia, da apresentação do caso, dos principais resultados e discussões, das considerações

finais e no fechamento do artigo, as referências utilizadas no estudo.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A importância do processo estratégico

Foi a partir da década de 70 que o processo estratégico começou a fazer sucesso nas organizações, visto que estas passaram a levar em conta as chamadas variáveis ambientais e as composições de cenários alternativos para melhor planejar os negócios, devido à instabilidade do ambiente no qual estavam inseridas começar a se apresentar (MINTZBERG; AHSLTRAND; LAMPEL, 2010).

Pensar estrategicamente passou a ser considerada a nova competência organizacional, ao passo que as empresas cada vez mais têm investido na busca de resultados, devido a uma conjunção de diversos fatores externos e internos a elas, em um revigorar constante em busca do seu fortalecimento (KICH; PEREIRA, 2015).

O processo estratégico possibilita ao gestor tomar decisões e se antecipar às mudanças que afetam a organização. É o ponto de partida para uma organização estruturada alcançar seus objetivos, por meio da elaboração de estratégias diferenciadas que venham a agregar valor nas ações desenvolvidas. Não há modelos prontos do processo estratégico, contudo, ao ser elaborado, deve-se adequar às características da organização com flexibilidade para readequações de novas estratégias (POMPEU; PINHEIRO; RABAIOLI, 2015).

Andreuzza (2012) afirma que o processo estratégico e seu principal instrumento, o planejamento estratégico, entrou definitivamente na agenda das empresas no século XXI. As organizações que não elaboram seu planejamento estratégico correm o risco de não permanecer no mercado cada vez mais competitivo e, fatalmente, tendem a desaparecer.

Deste modo, organizações que queiram manter suas relações em âmbito global, devem encaminhar esforços para um processo estratégico que leve em consideração, por exemplo, aspectos relacionados ao mercado cambial.

### 2.2 Mercado cambial e as modalidades de pagamento

Quando se importa um produto dos Estados Unidos, paga-se em dólar. Caso o objetivo seja comprar um produto da Itália, a moeda de cobrança é o euro. Do Japão é o Yen. Mas, ao se comprar algo da China se paga também em dólar. Isso se dá, pois pelos processos de negociações internacionais existe uma convecção em que o dólar dos EUA é assumido como moeda de troca internacional, assim como para os países da Comissão Europeia a moeda de troca é Euro (com exceção do Reino Unido, que usa a libra). Isso porque são moedas confiáveis, já que a economia do país de origem é estável, proporcionando ao consumidor confiança em adquiri-las para uso. A partir deste breve levantamento, percebe-se a necessidade do uso de diferentes moedas

em âmbito mundial. Surge então o câmbio, que de acordo com Ratti (1997), é a troca de moedas de diferentes países.

Seguindo este conceito, há uma relação de equivalência que expressa o valor existente entre essas moedas, chamada taxa de câmbio. Na maioria dos casos, quando um pedido de importação é realizado, o importador deverá pagar ao exportador o valor do produto referente à taxa de câmbio do dia da compra. Esse pagamento, para Ludovico (2007), pode se dar de quatro formas: antecipado, por remessa sem saque, cobrança documentária e carta de crédito.

Ainda, quanto a utilização de diferentes moedas, Ratti (1997, p. 107) acrescenta:

O fato de não se aceitar moedas estrangeiras em pagamento das exportações, nem a moeda nacional em pagamentos das importações, constitui a base de um mercado onde são compradas e vendidas as moedas dos diversos países; mercados esse denominado mercado cambial ou mercado de divisas.

Para o autor anterior o mercado cambial brasileiro vai além dos importadores e exportadores, chegando a atender mercados como a bolsa de valores, bancos, corretoras e qualquer outro elemento que tenha ligação com o exterior, muitas vezes podendo chegar a se relacionar com o Tesouro Direto e os Bancos Centrais, que são chamados de autoridades monetárias.

De acordo com Vieira (2005), os quatro principais interventores do mercado cambial brasileiro, são: Banco Central (BACEN); bancos autorizados a operar em câmbio; empresas que atuam no mercado internacional; e corretores de câmbio, que são opcionais.

## 2.3 Importação e taxas comerciais

Importação é considerada qualquer entrada de mercadoria em um país, proveniente ou não do exterior. Outro termo que aparece nas transações comerciais, mas ainda pouco usado na prática é a chamada importação interna, que segundo o autor, ocorre quando o produto é decorrente do próprio país, ou seja, saindo de uma região para outra (RATTI, 1997).

Maia (2008, p. 54), interage com o leitor da seguinte forma: “Se importarmos, geraremos desemprego. Se produzirmos, geraremos empregos. Então porque importar? ”. A justificativa apresentada diz que quando se quer adquirir um produto cuja tecnologia provém de um alto grau de investimento e de um longo período de pesquisa para o seu desenvolvimento e aprimoramento, e se deseja pular essas etapas, a importação do mesmo torna-se um procedimento viável.

Segundo Ludovico (2007), existem diversas razões benéficas para se adentrar no mundo da importação. O autor cita diversos motivos: o acesso a novas tecnologias que permite ao país importador se beneficiar do desenvolvimento tecnológico do país exportador; o produto pode adentrar a mercados que até então, desconhecia a tecnologia; a região importadora pode mudar o nível de qualidade dos produtos locais, permitindo aos clientes um novo padrão não só de qualidade, mas de nível de

serviço em geral; o acesso aos preços de outros mercados e concorrentes amplifica a economia setorial, de forma a aumentar a competitividade no segmento local; entre outras ações que faz a importação criar, modificar e transformar a região importadora.

Outro aspecto relevante para ser levado em conta na ocasião da decisão de atuar no âmbito do comércio exterior diz respeito à Lei nº 5.172/1966 do Código Tributário Nacional (CTN) que dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios. Desta forma, de acordo com a referida Lei, os impostos incidentes sobre o comércio exterior, são: Imposto de Importação (II) e Imposto de Exportação (IE).

Para este trabalho, os impostos a serem considerados são os II, o quais, destacam-se: IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados); ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços); PIS/PASEP e COFINS (Contribuições Sociais), Cide (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico); SISCOMEX (Taxa utilização); AFRMM (Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante – transporte marítimo). (FERREIRA, 2005).

Vale ressaltar que o II é decorrente de uma alíquota de acordo com o produto que segue em tabelas específicas. Por estratégias do governo, os percentuais dessas alíquotas podem mudar, e por isso, cabe ao importador estar sempre por dentro das leis de importação, para declarar corretamente as taxas comerciais.

### 3 | METODOLOGIA

Este artigo se classifica como uma pesquisa do tipo exploratória com abordagem qualitativa para análise do problema. Para Sellitz (1967), a pesquisa exploratória tem o intuito de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais claro. Pode-se dizer que esta pesquisa tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Ao classificar com base nos procedimentos técnicos utilizados, este artigo caracteriza-se como estudo de caso, tendo-se como objeto de estudo a empresa Romalux, importadora, atuante no setor de iluminação. Segundo Gil (2002), estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Yin (2001), afirma que um estudo de caso é encarado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, em que os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos.

Para tornar este estudo possível, realizaram-se alguns levantamentos bibliográficos com enfoque no comércio exterior, teoria cambial e legislação aduaneira



por meio de artigos publicados em periódicos, livros e teses.

Como instrumento de pesquisa, utilizou-se um questionário estruturado com perguntas abertas, o qual foi aplicado junto ao gerente da importadora Romalux, Sr. Rodrigo Mendes Fernandes. Deste modo, evidenciou-se a amostragem não probabilística do tipo intencional.

O questionário elencou variáveis relacionadas as ações estratégicas da empresa tendo em vista sua atuação no setor de soluções para iluminação.

Os dados e informações coletados junto ao gerente da importadora pesquisada foram analisados e deram margem para discussões e sugestões posteriores.

## 4 | O CASO ROMALUX

A Romalux é uma empresa sediada em Criciúma, no Estado de Santa Catarina (SC). Há 5 anos, desde sua inauguração, se dedica exclusivamente a comercialização de artigos de iluminação em LED (*Light Emitting Diode* – Diodo Emissor de Luz) no território nacional. A importadora conta com um seleto grupo de parceiros e fornecedores localizados na China (Ásia), os quais são detentores de alto conhecimento do que há no âmbito da tecnologia LED.

A empresa busca continuamente desenvolver soluções sustentáveis de iluminação, tanto em âmbito comercial e residencial. Apesar do LED possuir pouco tempo de atuação, nos últimos anos ele popularizou conceitos de sustentabilidade e menor consumo de energia.

### 4.1 Atividades de importação e câmbio na Romalux

Assim como outras importadoras, a Romalux necessita efetuar transações de compra de câmbio para pagar as suas importações. Desta maneira, a utilização dos bancos ou corretoras faz-se necessária para realizar a troca do real para o dólar. Os bancos e as corretoras cobram uma taxa fixa e ainda trabalham com o acréscimo do *spread* (margem de lucro) para incrementar sua rentabilidade. Por exemplo, USD 1 dólar custa R\$ 3,8050 reais. Esse R\$ 0,0050 é o *spread* que a corretora ou o banco recebe a cada dólar. Com o passar do tempo, a forte concorrência do mercado cambial e a própria relação de parceria entre as empresas, os bancos e corretoras podem abolir a cobranças das demais taxas, tornando então o *spread*, muitas vezes, o único ganho para a realização da operação de troca de câmbio. Essa decisão de trabalhar com o banco ou corretora é decorrente da quantia a da fatura a ser paga. O setor financeiro cota preço no mercado em busca da operação mais em conta para realizar a troca e geralmente para pagamentos abaixo de USD 10 mil dólares, as corretoras se sobressaem aos bancos, e acima dessa quantia, os bancos se tornam vantajosos para efetuar tal operação.

A empresa trabalha com duas formas de pagamentos de importação: pagamento

antecipado e remessa sem saque. Na prática, ocorre o pagamento antecipado de um valor de 30% da mercadoria, para então, o exportador iniciar a produção a ser importada da Ásia. Quando a mercadoria está prestes a ser enviada da China para o Brasil, o pagamento do restante do valor é requisitado pelo exportador para ele poder liberar o *Bill of Lading* (BL), que é um documento utilizado na expedição de mercadoria por via marítima, que confirma o recebimento a bordo pelo armador do navio e é exigido no destino, para a entrega da mercadoria no porto brasileiro. Atualmente, devido ao relacionamento entre a importadora e a exportadora, essa antecipação do pagamento, em algumas ocasiões, não necessita ser realizada.

Segundo o gerente comercial da empresa, a variação cambial é um fator determinante que pode dificultar a trajetória financeira das empresas. Por exemplo, ao realizar uma compra o importador paga 30% da mercadoria antecipadamente a R\$ 3,80 reais por USD 1 dólar, e ao pagar os 70% restantes, há uma variação do real em relação ao dólar, passando a ser R\$ 3,95 reais para cada unidade de dólar. Assim, muitas vezes, o custo do produto aumenta no decorrer da quitação da dívida. Então, para medidas de controle financeiro da própria empresa, esse custo extra necessita ser acrescentado ao produto para ocorrer um controle eficiente da operação. Da mesma forma, esse custo pode variar para baixo, caso haja uma valorização do real em relação ao dólar entre o período de pagamento da primeira parcela até a sua quitação total. Assim, o importador poderá ter um custo menor de importação do que o previsto anteriormente. Faz-se necessário, em muitos casos, um estudo de previsão da variação cambial, voltada a bolsa de valores e ao mercado financeiro para decidir quando e o quanto comprar.

#### **4.2 O processo estratégico da Romalux**

De acordo com o gerente comercial da Romalux, as decisões estratégicas da empresa estão atreladas a previsão de demanda realizada pelo setor de compras, bem como ao percentual desejado de crescimento da empresa no período futuro. Por exemplo, a taxa de crescimento proposta dependerá da quantidade de produtos que serão vendidos a mais, se comparado ao período anterior.

As ações adotadas pela Romalux podem ser consideradas estratégias comerciais direcionadas ao investimento necessário para atingir o crescimento desejado. Essas ações dependem de quanto a empresa está disposta a gastar, seja contratando mais representantes comerciais para visitar clientes, bonificando lojas com melhores desempenhos ou proporcionando *showrooms* da marca em lojas de decoração de alta visibilidade, cujo retorno será demonstrado na rentabilidade da atividade. Ressalta-se então que a taxa de crescimento é diretamente correspondente ao investimento financeiro efetuado pela companhia.

### 4.3 Resultados e discussões

A Romalux está presente em cerca de 70% do território nacional, e pretende atingir novos mercados a partir de uma estrutura baseada em vendedores e representantes, cujo treinamento e reciclagem são ministrados pela empresa, a fim de proporcionar um aumento do nível de serviço em toda a cadeia operacional. O quadro 1 apresenta os resultados sobre o processo estratégico na Romalux, os quais foram obtidos e discutidos durante o estudo, tomando como base as metas estabelecidas pelo dirigente da empresa. As variáveis estratégicas foram elegidas com base no referencial teórico e desenvolvidas após a análise dos levantamentos junto ao mesmo dirigente.

INOVAÇÃO	Com as constantes mudanças no ambiente da iluminação e as variadas tendências decorativas sazonais do setor, a empresa proporciona lançamentos para diversificados públicos. Sendo assim, o objetivo é que se faça a análise de 10 novos produtos a cada seis meses, visto que, destas inovações apresentadas, de 30% a 40% façam parte do portfólio da empresa. É um aspecto dependente do feedback positivo ou negativo do mercado para decidir o futuro de cada produto.
RENTABILIDADE	A empresa tem o entendimento de que estabelecer um alto índice em vendas sem obter a taxa mínima de atratividade (TMA) que compense todo o trabalho da operação, seu crescimento será afetado de maneira negativa. A companhia fortalece a ideia de possuir uma rentabilidade que seja aceitável de acordo com o seu processo estratégico. Pois, vender grandes quantidades de itens não acarreta necessariamente em ganhos líquidos. O objetivo é vender a quantidade de itens com a faixa de preço que seja ao menos suficiente para obtenção da margem mínima de retorno, e que possibilite à Romalux a oportunidade de crescimento operacional.
AÇÕES PERANTE CRISES	O país vive um momento de retração na economia interna devido a uma crise política que afeta todo o mercado em diversos setores, ocasionando demissões em massa, menor produtividade e aumento na taxa de juros, o que por consequência faz o consumidor ficar atento ao mercado e buscar soluções nas marcas mais acessíveis. Pois, mesmo o cliente tendo uma certa estabilidade financeira, a vulnerabilidade econômica afeta seu poder de decisão na hora de finalizar a compra. Dificuldades em tempos de crises sempre irão existir e o modo com que o mercado das importadoras opera diante ao dólar, reflete diretamente na rentabilidade financeira dessas empresas. A partir daí a companhia passa a pressionar o seu fornecedor, a fim de conseguir descontos nas negociações, de modo a proporcionar uma compensação em seu caixa, o que raramente acontece. Então, surge a necessidade de encontrar novas soluções para desenvolver o mesmo produto, mantendo a mesma qualidade, com um custo mais barato ao importador. Para uma empresa, seja qual for seu tamanho ou nicho de atuação, driblar uma crise política não é uma tarefa simples. O mercado busca comprar os produtos mais baratos, e, conseqüentemente, a companhia passa a vender quantidades menores de suas mercadorias mais caras, assim, importando menos do fornecedor chinês. Muitas vezes quando a crise é global, o exportador passa a produzir menos e provavelmente precise eliminar custos, demitir alguns funcionários, de forma que toda a cadeia passe a ser afetada.
BARREIRAS GOVERNAMENTAIS	O mundo tem vivenciado crises energéticas com maior frequência, como reflexo, campanhas para economizar energia têm se tornado comuns. Enquanto isso, o governo não tem facilitado o desenvolvimento das importadoras de iluminação em LED de forma a proporcionar uma energia sustentável barata a disposição das pessoas. Não há subsídios em tipos de imposto de importação e cada vez mais as barreiras tarifárias seguem a crescer. Além disso, a empresa junto a todo mercado nacional, precisou se readequar para obter o selo de qualidade, o qual diz respeito a certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), obrigatório atualmente no setor de iluminação.

CENÁRIOS	A empresa ainda não planeja seu futuro para uma longevidade de 5, 10 ou 15 anos. Como o mercado muda conforme o plano de ações políticas apresentado pela gestão de cada governante, é relevante citar que atualmente o país possui uma proposta de crescimento ínfimo até 2018, o que torna relevante a atenção momentânea ao mercado. O planejamento da empresa para crescer a curto prazo é expandir seus horizontes e instalar um centro de distribuição no estado de São Paulo até 2017, de maneira a obter um acréscimo de 50% nas vendas. A estratégia permitirá estar mais próximo dos seus clientes do Nordeste, e conseguir iniciar negociações no Norte do país de forma eficiente, sem perder a credibilidade existente com a clientela atual.
ESTRATÉGIAS DE COMPRAS	Uma das ações verificadas foi diminuir o tamanho das compras efetuadas pela empresa. É melhor e mais confortável pagar menores quantias de uma única vez, resultando na saída de menos dinheiro do caixa da empresa ao efetuar pagamentos de importação. Por exemplo, se a Romalux precisar pagar altas quantias em uma quinzena cujo dólar vivencia uma alta de mercado, essa grande variação financeira será prejudicial ao fluxo de caixa momentâneo da importadora. A empresa hoje trabalha com baixos empréstimos bancários. Apesar de ser uma companhia nova, pouco foi necessário quanto à intervenção dos bancos para capitalizar a importadora, o que para a companhia é visto positivamente, já que o banco é um tomador de resultados que obtém parte desse lucro operacional.
TRANSIÇÃO	Foi necessário definir um planejamento estratégico detalhado para a empresa deixar de ser considerada pequena e se tornar uma empresa média. Para um importador essa transição tem um impacto direto no estoque. É necessário comprar maiores quantidades de mercadorias para atender a novos mercados, e ao mesmo tempo, não deixar seu cliente atual sem produtos, o que seria um erro fatal para o aclave da empresa em âmbito nacional.
RELAÇÃO: EMPRESA X CLIENTE	A Romalux preza ser uma organização em que a confiança e o seu nível de serviço estejam alinhados aos dos seus parceiros comerciais (clientes). É importante salientar que o lojista trabalha com o estoque da importadora, por isso, uma companhia sem estoque está fora do mercado em pouco tempo. Seguir esta premissa permite aos autores perceber que não é viável baixar de forma demasiada o preço dos produtos de uma importadora, visto que cria a possibilidade de faltar mercadoria em seu estoque, o que permitiria um declínio no nível de seu serviço operacional. Portanto, o planejamento da Romalux consiste em aproveitar possíveis falhas operacionais, como falta de produtos dos seus concorrentes e assim, proporcionar um nível de serviço qualificado e contínuo a todo mercado.

Quadro 1: Ações estratégicas propostas para Romalux

Fonte: Autores

A partir da proposição de ações estratégicas para a empresa, constatou-se que a inovação é “bem aceita” pelo mercado, porque o “novo” permite engrandecer o espírito da empresa. Conseqüentemente, uma atividade excepcional por parte da instituição prestadora do serviço, terá um impacto maior da marca perante o consumidor. Estes são princípios parecidos com o de empresas chamadas startups (empresa geralmente recém-criada, em fase de desenvolvimento e pesquisa de mercado), que comumente, apresentam qualidade, tecnologia inovadora e nível de serviço diferenciado, possibilitando agregar valor à marca e ao produto de maneira competitiva.

As empresas que atuam em países onde decisões políticas conflitam frequentemente com os encaminhamentos econômicos, sofrem impactos diretos no

resultado operacional proporcionado ao cliente. Dessa forma, prever cenários de curto prazo e permear o convívio e a troca de informações com os clientes, permite às empresas o aprimoramento de técnicas específicas e o planejamento para traçar novos horizontes.

Além disso, destaca-se o cuidado primordial que as companhias devem ter com a variação cambial, a fim de obter controle sob o custo final do produto, devido a oscilação do real em relação dólar (caso do Brasil), entre os pagamentos do mesmo lote de materiais. Cabe a empresa analisar e administrar essa atividade, para então, efetuar a gestão do setor compras de modo a não comprometer seu resultado operacional.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do levantamento bibliográfico e das informações adquiridas a partir da aplicação do instrumento de pesquisa, atingiu-se o objetivo deste estudo, o qual se propôs a analisar o Processo estratégico da importadora e verificar o impacto causado pela variação cambial, visto que esse processo possui relação com o câmbio flutuante.

Obteve-se um retorno positivo da empresa, tendo em vista que os dados e informações do seu processo estratégico não estavam organizados e declarados formalmente. Para encaminhamentos futuros, propõe-se para esta organização a importância de manter o processo estratégico alinhado e atualizado junto a todos os funcionários. Propõe-se também o desenvolvimento de estudos que relacionem aspectos associados ao processo estratégico e a internacionalização de empresas de diferentes setores de mercado.

## REFERÊNCIAS

ANDREUZZA M. **Planejamento estratégico**. Sagres: política e gestão estratégica aplicada, Paraná. 2012. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasgarzel/12.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

BARAKAT, L. L. NUCLEO DE NEGÓCIOS INTERNACIONAIS. **Ranking FDC das Transnacionais Brasileiras**. Minas Gerais. Fundação Dom Cabral, 2012. 44 p.

CTNSRF, Secretaria da Receita Federal. **Código Tributário Nacional**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5172.htm/](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5172.htm/)> Acesso em 23 de novembro de 2015.

FERNANDES, R. M. **Ações estratégicas em uma importadora de artigos de iluminação: um enfoque na variação cambial**: depoimento. [14 de novembro, 2015]. Joinville: Disciplina de Planejamento Estratégico dos Transportes do curso de graduação de Eng. de Transportes e Logística. Entrevista concedida a Guilherme Mendes Fernandes.

FERREIRA, J. **Legislação aduaneira: Anotado e comentado** / Juraci Ferreira. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a., 2002.

KICH, J. I. F.; PEREIRA, M. F. **Liderança como fator influenciador do desenvolvimento do pensamento estratégico nas organizações**: um estudo de caso. Revista de extensão e iniciação científica, v. 2, p. 88-108, 2015.

LUDOVICO, N. **Logística internacional: um enfoque em comércio exterior** / Nelson Ludovico. ed. rev. atual. - São Paulo: Saraiva, 2007.

MAIA, J. M. **Economia internacional e comércio exterior** / Jayme de Mariz Maia. - 12.ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; AHLSTRAND, B. **Safári de Estratégia: Um Roteiro pela Selva do Planejamento Estratégico**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

PASTORE, A. C.; PINOTTI, M. C.; ALMEIDA, L. P. **Câmbio e crescimento: o que podemos aprender?** In: BARROS, O.; GIAMBIAGI, F. (Org.). Brasil globalizado. Campus: Rio de Janeiro, 2008.

POMPEU, A. M.; PINHEIRO, J. A. S.; RABAIOLI, V. **Planejamento estratégico: estratégias, controle e avaliação**. Multitemas (UCDB), v. 48, p. 61-82, 2015.

RATTI, B. **Comércio internacional e câmbio**. / Bruno Ratti. -- 9. ed. -- São Paulo: Aduaneiras, 1997.

ROMALUX, Soluções em Iluminação. Disponível em: < <http://www.romalux.com.br/>> Acesso em 20 de novembro de 2015.

SELLTIZ, C. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1967.

VIEIRA, A. **Teoria e prática cambial: Exportação e Importação**/Aquiles Vieira. 2. Ed. São Paulo: Lex Editora, 2005. 220 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## CALIBRAÇÃO DO PARÂMETRO DE SUAVIZAÇÃO DO FILTRO L1 PARA UMA POSSÍVEL ESTRATÉGIA DE INVESTIMENTOS.

### **Maria Simone Alves da Silva**

Departamento de Engenharia Industrial (PUC-RIO)

R. Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro - RJ, 22430-060  
msimoneas@hotmail.com

### **Andrew de Jesus Freitas Silva**

Departamento de Engenharia Industrial (PUC-RIO)

R. Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro - RJ, 22430-060  
andrewjfsilva@gmail.com

### **Fernando Luiz Cyrino de Oliveira**

Departamento de Engenharia Industrial (PUC-RIO)

R. Marquês de São Vicente, 225 - Gávea, Rio de Janeiro - RJ, 22430-060  
cyrino@puc-rio.br

**RESUMO:** Neste artigo, discutimos uma nova metodologia para a calibração do parâmetro de suavização do filtro L1 ( $\lambda$ ). Este filtro consiste em usar uma condição de penalidade L1 para obter tendências ou passos lineares. O parâmetro de suavização do problema de otimização da modelagem, segunda a literatura atual, é obtido via observações empíricas do objeto de estudo ou através de técnicas sugeridas por vários autores, em que utilizam cross validation. A proposta deste trabalho é utilizar as técnicas

de Moving Block Bootstrap (MBB) aliada com STL (Seasonal Trend Decomposition Using Loess), em que através da simulação obteremos séries sintéticas e a cada uma delas aplicaremos o filtro com uma sequência de  $\lambda$ 's pré-determinados. Como critério de escolha será utilizado o erro quadrático médio (EQM). Posteriormente o método será validado por meio de previsão, 1 passo à frente, "in sample", utilizando novamente a técnica de MBB.

**PALAVRAS-CHAVES:** Tendência de série temporal, Filtro L1, Moving Block Bootstrap, Investimentos

## 1 | INTRODUÇÃO

Para desenvolver suas atividades as organizações precisam tomar decisões de como, quando e onde devem aplicar seus recursos (KAYO e SECURATO, 1997). Para auxiliar a tomada de decisão as organizações podem utilizar técnicas de previsão para reduzir as incertezas (BRESSAN e DE LIMA, 2009).

Previsão é a avaliação de ocorrências futuras que tem por objetivo, em sua maior parte, obter insumos para a realização de um planejamento. As previsões são importantes para contribuir na determinação de quantos recursos serão necessários de acordo com cada cenário possível (RITZMAN e KRAJEWSKI,

2008).

As séries temporais podem manifestar tendências ou ciclos. A tendência pode indicar estabilidade, crescimento ou decréscimo. De acordo com as previsões de tendência as organizações podem ter um auxílio na tomada de decisão. Apesar da existência de várias técnicas para análise de tendência em análise de séries temporais este estudo limita-se a analisar uma versão do filtro *Hodrick-Prescott* (HP). A versão analisada no artigo é denominada de filtro L1, que foi sugerida por quatro professores da Universidade de *Stanford* (KIM et al. 2009).

Com isso, dada a possibilidade de presença de tendência em séries temporais, o objetivo deste artigo é estudar a análise técnica de filtragem propondo um método para estimar o parâmetro de suavização ( $\lambda$ , no caso do filtro L1), aplicando simulação via *Moving Blocks Bootstrap* (MBB), por exemplo, em dados de duas séries de preços de empresas com ações na bolsa de valores brasileira. Nelas será utilizado o melhor  $\lambda$  estimado, para realizar a previsão “*in sample*” e assim verificar a eficácia do modelo.

Este artigo é composto por esta introdução, por uma seção sobre a revisão da literatura, onde serão apresentados os conceitos que guiaram esta pesquisa, um tópico sobre os procedimentos metodológicos, seguido por um tópico com a discussão e apresentação dos resultados e finalizando com a conclusão.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Filtro L1

Extração de tendência é um assunto recorrente em Finanças e Economia, pois ao se extrair tendência constroem-se estratégias e comparam-se a sua eficiência. A separação de tendência das demais componentes da série pode ser alcançada por meio de técnicas de filtragem de tendência. Esta técnica pode ser realizada, por exemplo, tanto para explicar o comportamento passado dos preços como também para auxiliar na previsão de futuros retornos. Para explicar o comportamento dos preços passados, pode-se selecionar o modelo e os parâmetros que minimizam o erro da previsão passada. Agora se o objetivo for realizar previsão utilizando filtro de tendência, deverá ser suposto que a última tendência observada tenha influência nos retornos futuros dos ativos (BRUDER et al, 2011).

Um filtro empregado para análise de tendência, desenvolvido por Hodrick e Prescott (1997), é o filtro HP. Este filtro decompõe uma série temporal ( $y_t$ ) em duas séries temporais, uma formada pelos componentes de sua tendência ( $x_t$ ) e outra pela parte cíclica/aleatória ( $c_t$ ) do sinal original:

$$y_t = x_t + c_t$$

Tal procedimento de remoção de tendência é feito através da seguinte expressão:



$$\left| \text{Min}_{y \in \mathbb{R}} \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (x_t - y_t)^2 + \lambda \sum_{t=1}^{T-1} (y_{t-1} - 2y_t + y_{t+1})^2 \right.$$

Em que o primeiro termo da equação mensura o tamanho do resíduo (medida de grau do ajuste). O segundo termo além de indicar a segunda diferença da série temporal, também determina o grau de suavidade. “T” é o tamanho da amostra e o “λ” é um parâmetro de suavização ou penalização. O λ se encontra no intervalo (0,∞). Quanto mais próximo de zero, significa que o filtro se aproxima dos dados reais da série e quanto maior for o seu valor o filtro tende a representar uma reta paralela ao eixo das abscissas (DAO, 2014).

A escolha do parâmetro de penalização (λ) não é trivial e é considerado um complicador para o uso do filtro HP, além de ser um problema de otimização não linear que requer recursos computacionais mais elevados (BRUDER et al, 2011).

Com o objetivo de melhorar a capacidade de estimação da tendência do filtro HP, Kim et al (2009), propuseram alterações na expressão da função objetivo:

$$\text{Min}_{y \in \mathbb{R}} \frac{1}{2} \sum_{t=0}^T (x_t - y_t)^2 + \lambda \sum_{t=1}^{T-1} |y_{t-1} - 2y_t + y_{t+1}|$$

Essa alteração penaliza as variações das tendências estimadas, além de produzir estimativas de tendências que são lineares, como poder ser visto no gráfico 1 e na figura 1.

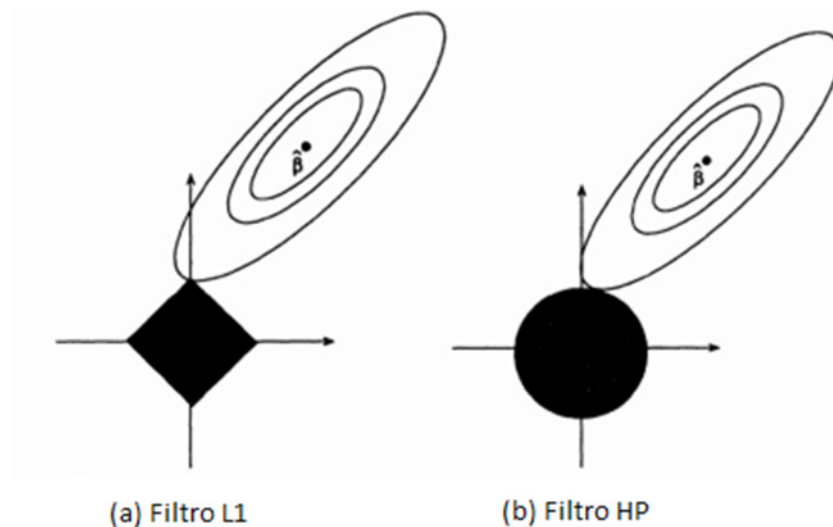


Figura 1: Comparação região viável filtro L1 com filtro HP

Fonte: HASTIE, TIBSHIRANI e WAINWRIGHT (2015)

O filtro feito desta forma adota métodos de pontos interiores, o que requer menos esforço que o filtro HP na sua forma original, pois tendência obtida é o resultado de uma função linear por partes (KIM et al, 2009). Essa nova forma de estimar tendência é conhecida como filtro L1. No entanto, a dificuldade de se estimar o melhor parâmetro de suavização ainda continua (KIM et al. 2009).

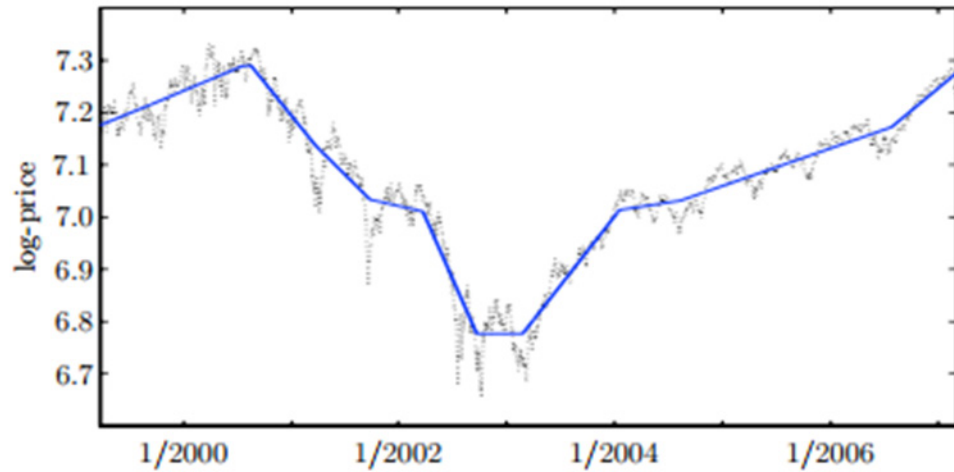


Gráfico 1: Filtro L1 Aplicado ao S&P 500

Fonte: Adaptado de Kim et al (2009)

## 2.2 Simulação via moving block bootstrap (MBB)

Segundo Alonso et al (2006) o *moving blocks bootstrap* é um método que produz uma maior quantidade de amostras, baseados nos dados originais, mantendo os mesmos critérios de dependência. O método é aplicado diretamente na série temporal, podendo ser utilizado com blocos de forma sobreposta ou não, porém necessita que os dados sejam estacionários (FARIA e NETO, 2014; ALONSO et al. 2006). A grande dificuldade da aplicação deste método, como destaca Evaristo (2010), é a escolha do tamanho dos blocos, pois não há uma regra conveniente para isto.

Pelo método MBB são criados, aleatoriamente, blocos de observações consecutivas. Para construir o MBB de uma série de tamanho “n” de um processo estacionário, primeiramente deve-se dividir esta série em “b” blocos de tamanho “l”, ou seja,  $B_i = \{O_i, \dots, O_{i+l-1}\}$ , para  $1 \leq i \leq b$  e  $b = n - l + 1$ . Em seguida selecionam-se “k” blocos deste conjunto “b” por amostragem aleatória simples com reposição até chegar a uma quantidade de dados igual a “n” (tamanho da série original). Realizando o processo “p” vezes de maneira que se obtenha “p” amostras de tamanho “n” da série original (DANTAS e CYRINO OLIVEIRA, 2014).

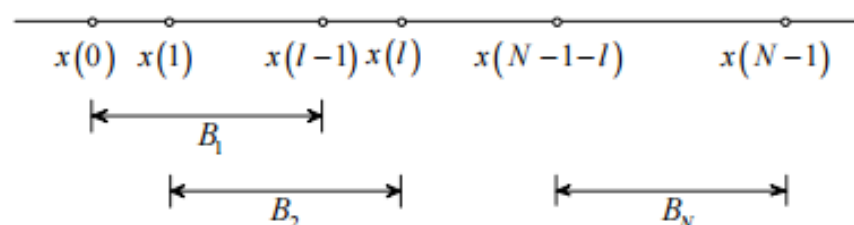


Figura 2: Escolha de blocos via moving block bootstrap

Fonte: Adaptado de Evaristo (2010)

## 2.3 Erro quadrático médio (EQM)

O erro quadrático médio (EQM) ou do inglês, *mean squared error* (MSE) conforme

Castro et al (2016) é definido como:

$$EQM = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{n}$$

N = quantidade total de observações da variável;

$O_i$  = valor observado no tempo  $i$ ;

$E_i$  = valor estimado para a variável no tempo  $i$ ;

O erro quadrático médio é um valor esperado que indica o quão distante, em média, o conjunto de estimativas está do parâmetro a ser estimado. O EQM avalia quantitativamente a precisão de um estimador. Quanto menor o valor do EQM, maior é a precisão da estimação, pois o estimador conseguiu minimizar a distância quadrática entre o valor real e o valor estimado. Por isso, ao utilizar o EQM deve-se escolher o estimador que fornece o menor valor para o erro quadrático médio (SATO et al. 2016).

### 3 | METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa foram escolhidas duas séries de preços de ações diárias coletadas diretamente do banco de dados da *Bloomberg*. As séries escolhidas foram de empresas de ramos de atividades distintos. As empresas escolhidas como exemplo foram o Bradesco (*BBDC4 BZ Equity*) e Lojas Americanas (*LAME4 BZ Equity*). O período de análise foi o compreendido entre o período de janeiro de 2008 a janeiro de 2016 totalizando 2002 dados, a fim de captar a crise de 2008 e poder ter uma boa quantidade de anos, pois ao se estimar tendência o mais importante é que as séries sejam longas.

Os dados foram tratados com o auxílio do software estatístico R, na versão R-3.3.0. No software foram utilizados os pacotes *bootstrap*, *L1tf*, *tseries*, *MASS* e *stats*.

A primeira etapa da pesquisa consistiu em utilizar uma parte dos dados para se estimar o valor do parâmetro de suavização ( $\lambda$ ). Os dados para o cálculo do  $\lambda$  que melhor se ajustaria à série ficaram compreendidos de janeiro de 2008 a dezembro de 2015, totalizando 1992 dados.

Em seguida criou-se um vetor com 20 valores para  $\lambda$ , variando de 0,05 a 1 em 0,05 em 0,05. Para cada amostra obtida via *Moving Block Bootstrap* (MBB) foi estimada a tendência, utilizando todos os 20  $\lambda$ , com a seguinte função objetivo ponderada, com a finalidade de delimitar o intervalo dos possíveis valores para lambda (0,1):

$$\text{Min}_{y \in \mathbb{R}} (1 - \lambda) \sum_{t=1}^T (y_t - x_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} |x_{t-1} - 2x_t + x_{t+1}|$$

Para o cálculo do  $\lambda$  foram geradas 1000 amostras sintéticas da série via MBB, porém o MBB não foi aplicado diretamente na série, mas sim no resíduo da série por meio da decomposição STL (*Seasonal Trend Decomposition Using Loess*) do software R. Cada bloco sobreposto do MBB tinha tamanho 15, gerando uma amostra de 1992,

isto é, replicando-se a mesma quantidade de dados.

No entanto, devido ao método de otimização do filtro L1 requerer uma capacidade computacional elevada, as 1000 séries sintéticas foram divididas em quatro grupos iguais (250 séries cada). Para cada grupo aplicou-se o filtro em cada série utilizando cada um dos 20  $\lambda$ . O  $\lambda$  escolhido foi o que gerou o menor EQM nos quatro grupos analisados.

A segunda parte da pesquisa consistia em verificar se a previsão da tendência, utilizando o  $\lambda$  estimado, estaria próxima do valor real. Esta previsão (“*in sample*”) foi realizada um passo a frente para os 10 primeiros dias úteis de janeiro de 2016 (04/01/2016 ao dia 15/01/2016), foi escolhido fazer um passo à frente, pois se pensou em uma estratégia diária, assim o tomador de decisão poderia rever sua posição diariamente e escolheu-se 10 dias numa perspectiva de acompanhar o processo de filtragem aproximadamente por duas semanas. A cada passo obtido um novo dado histórico (o dado real do passo  $t+1$ ) era incorporado para ser utilizado como input para auxiliar na previsão do passo seguinte.

Para fazer a previsão simulou-se 1000 novas amostras utilizando o MBB de bloco com tamanho 15. Com essas amostras, estimou-se o preço um passo a frente pela equação  $P_{t+1} = P_t \cdot e^{rt}$  (boot). Destes 1000 valores gerados utilizou-se o filtro nas séries  $\ln(P_1, P_2, \dots, P_t, \hat{P}_{t+1}, j = 1, \dots, 1000)$ <sup>1</sup> que retornasse a previsão com menor EQM. O valor retornado com menor EQM foi o escolhido para a previsão 1 passo a frente para a tendência.

Na figura 3 está representado o passo a passo desta pesquisa, mostrando as três etapas realizadas. Seleção de dados, estimação do parâmetro de suavização e previsão.

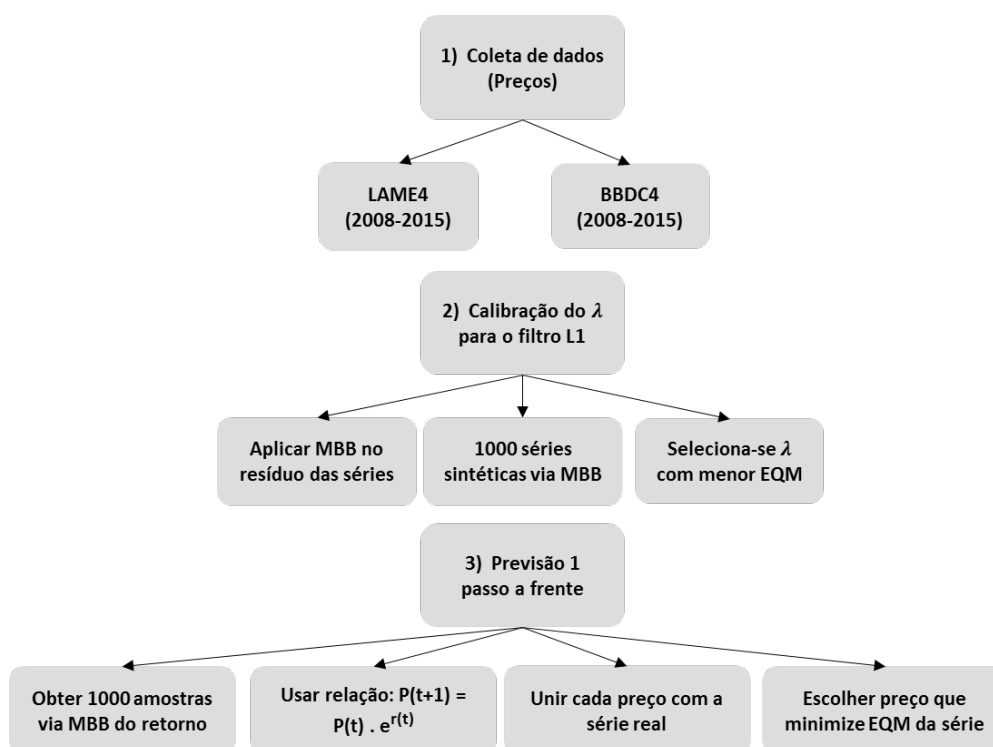


Figura 3: Processo metodológico do artigo

## 4 | RESULTADOS

Para cada uma das séries sintéticas geradas via MBB foi aplicado o filtro variando os 20  $\lambda$ 's. Obteve-se 20 x 1000 x 1 = 20.000 EQMs para cada uma das séries. O menor EQM para a série do Bradesco foi registrado para o  $\lambda$  de valor 0,45 e para a série das Lojas Americanas foi o  $\lambda$  de 0,60.

Com estes  $\lambda$ s utilizou-se o filtro L1 nas séries a fim de observar o comportamento da tendência via parâmetro de suavização estimado. Pode-se notar o comportamento do filtro em cada série pelos gráficos 2 e 3.

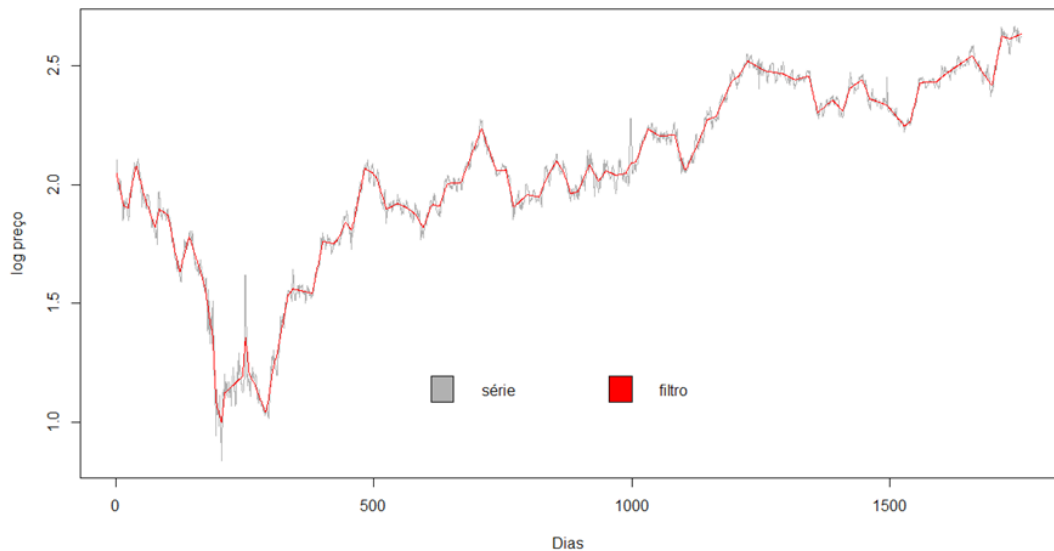


Gráfico 2: Série e filtro L1 para ações das LAME4

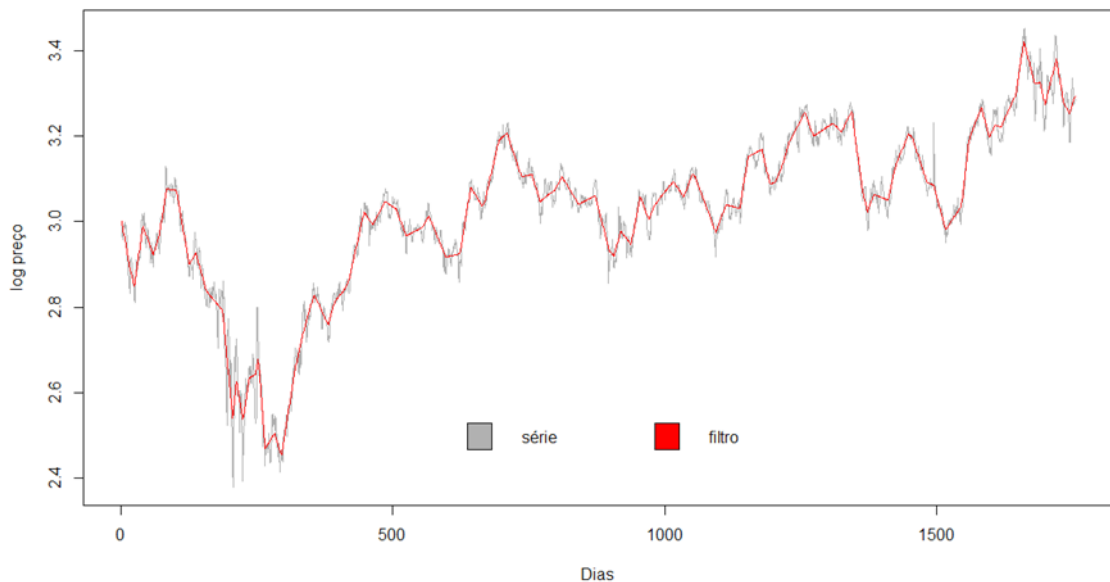


Gráfico 3: Série e Filtro L1 para ações do BBDC4

O filtro L1 tem como objetivo a modelagem da tendência da série e como pode ser visto em ambas as ações o filtro conseguiu ter um bom ajuste da tendência, pois tanto em momentos de queda quanto em momentos de alta ele captou tais variações.

Embora o filtro tenha conseguido captar a tendência, em alguns casos, mesmo a

série tendendo a diminuir existe a probabilidade de haver leves ocorrências de alta no meio da queda. De forma semelhante mesmo a série estando em uma tendência de alta podem existir a ocorrência de valores menores que os indicados pela tendência. Estas variações, por exemplo, o filtro L1 não consegue evidenciar.

A fim de aferir a eficácia do modelo realizou-se a previsão da tendência 1 passo a frente para 10 dias consecutivos. Foram escolhidos os 10 primeiros dias úteis no ano de 2016. A previsão foi realizada conforme descrito na seção 3 deste artigo. O resultado está ilustrado no gráfico 4 e no gráfico 5.

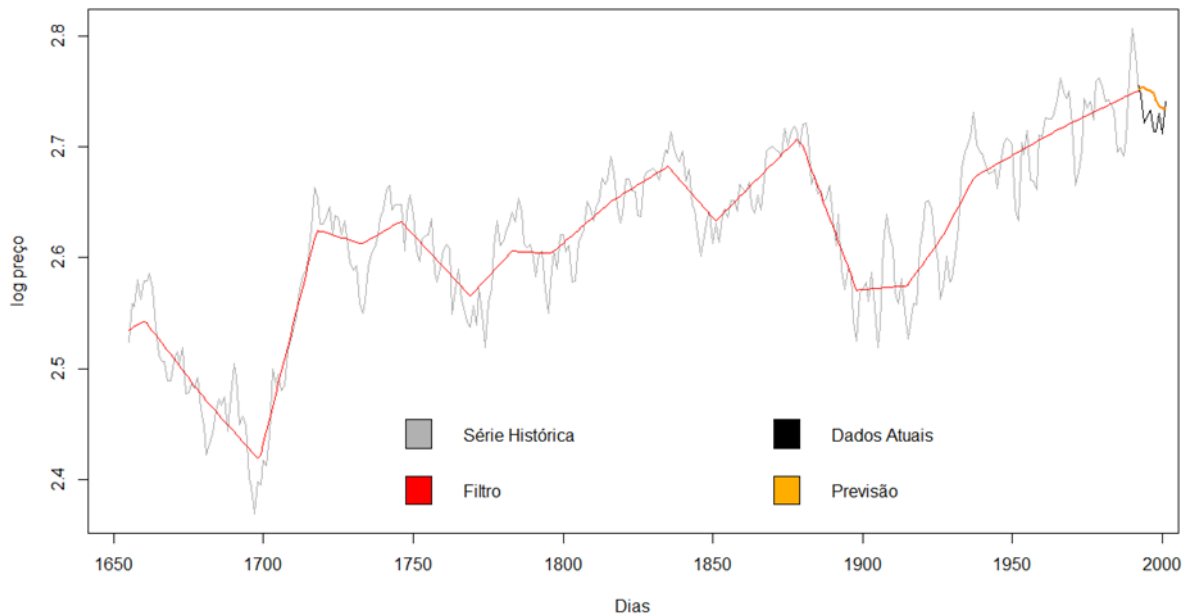


Gráfico 4: Previsão para série LAME4

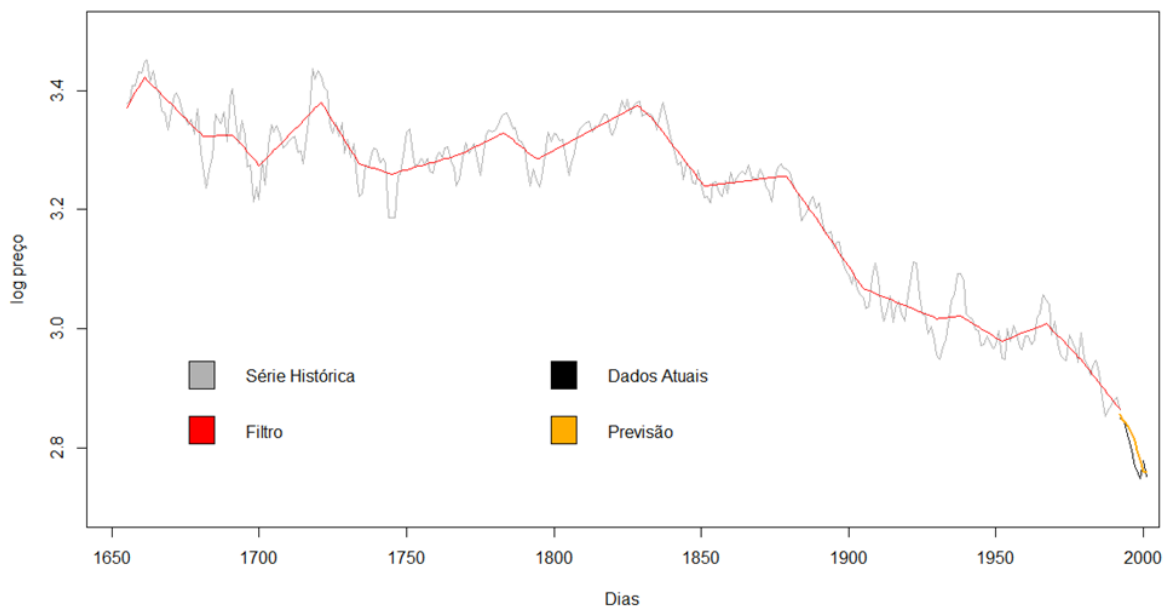


Gráfico 5: Previsão para série BBDC4

Como pode ser visto o filtro conseguiu captar a tendência de leve queda para a série LAME4 e de queda um pouco mais acentuada para a série da BBDC4, mostrando sua eficácia em captar a tendência da série e se apresentando como uma ferramenta que pode auxiliar na tomada de decisão.

Como pode ser visto o filtro conseguiu captar a tendência de leve queda para a série LAME4 e de queda um pouco mais acentuada para a série da BBDC4, mostrando sua eficácia em captar a tendência da série e se apresentando como uma ferramenta que pode auxiliar na tomada de decisão.

Americanas (LAME4)					Bradesco (BBDC4)				
Período	Real	$\Delta$ _Real	Previsão	$\Delta$ _Prev	Período	Real	$\Delta$ _Real	Previsão	$\Delta$ _Prev
04/01/2016	2.7553	S	2.7517	S	04/01/2016	2.7553	D	2.8568	D
05/01/2016	2.7462	D	2.7534	D	05/01/2016	2.7462	D	2.8486	S
06/01/2016	2.7213	D	2.7538	S	06/01/2016	2.7213	D	2.8426	S
07/01/2016	2.7279	S	2.7512	S	07/01/2016	2.7279	S	2.8349	S
08/01/2016	2.7333	S	2.7497	S	08/01/2016	2.7333	S	2.8246	S
11/01/2016	2.7136	D	2.7489	S	11/01/2016	2.7136	D	2.8124	S
12/01/2016	2.7136	D	2.7444	S	12/01/2016	2.7136	D	2.7970	S
13/01/2016	2.7306	S	2.7397	S	13/01/2016	2.7306	S	2.7809	S
14/01/2016	2.7114	D	2.7279	D	14/01/2016	2.7114	D	2.7305	D
15/01/2016	2.7408	S	2.7275	S	15/01/2016	2.7408	S	2.7590	S

Tabela 1: Comparação da variação entre o real e o previsto

A tabela acima foi confeccionada para verificar o quanto dos 10 dias a frente previstos estavam de acordo com o valor real. Nela pode ser visto o número de vezes que o filtro L1 conseguiu captar a tendência exata das séries estudadas.

A primeira coluna refere-se ao período de previsão, em seguida o logaritmo natural do preço real observado, na terceira coluna há a variação real de crescimento ou decréscimo da série, em que S significa que houve subida nos preços e D indica decréscimo dos mesmos. Na quarta coluna temos o valor da previsão obtida pelo filtro L1 e a última refere-se à captação do filtro com relação às tendências de crescimento ou queda em relação ao valor real no instante imediatamente anterior. Percebe-se que na série LAME4 o filtro conseguiu captar a tendência em 7 dos 10 pontos, enquanto para a série BBDC4 ele captou corretamente 6 dos 10 passos à frente.

Todavia, vale ressaltar que o filtro não consegue captar o valor exato do preço, logo ao realizar a previsão por este modelo deve-se ter a ciência de analisar apenas se a série está com viés de queda ou de alta. Pois devido a sua característica preditiva de tendência, o filtro L1 não é um bom estimador para o preço do passo a frente.

## 5 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto um método para calibrar o parâmetro de suavização com o intuito de ajustar a tendência de séries temporais via filtro L1. O método proposto foi a simulação via *moving block bootstrap* tanto para a estimação do parâmetro de suavização quanto para o processo de previsão.

No método apresentado utilizou-se um total de 60.000 simulações, 40.000 para

a estimação do  $\lambda$  (20.000 para cada uma das séries) e 20.000 para a realização da previsão (10.000 para cada série). Contudo, este novo método demanda um poder computacional elevado, pois o otimizador, ao realizar o ajuste, precisou passar a série por cada um dos lambdas. O que tornou a execução da programação um tanto demorada.

Com base nos resultados gerados percebeu-se que o método conseguiu calibrar o parâmetro de suavização de tal forma que o filtro captou a tendência para ambas as séries de estudo e conseguiu registrar resultados relevantes, bem como, apresentar previsões em que não havia grande descolamento em relação ao valor real observado.

Sugere-se como trabalhos futuros a comparação do filtro L1, utilizando o método proposto neste artigo, com outros métodos de modelagem de tendência, como por exemplo, o filtro HP e o filtro de *Kalman*.

Outra proposta de estudo seria a elaboração de uma estratégia para, dada uma alocação de recursos em determinado ativo, o quanto se deve vender/comprar de acordo com as informações fornecidas pelo filtro. E após a elaboração da estratégia sugere-se a utilização da previsão “*in sample*” para avaliar os resultados desta estratégia, se com ela se conseguiria maximizar o lucro ou não. Unindo a esta estratégia, poderia se utilizar modelos de investimento em carteira (multivariado) ao invés de investimento em um único ativo (univariado) que foi o caso particular desta pesquisa. Assim, unindo a programação do filtro com uma estratégia de investimento pode-se auxiliar uma melhor tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ALONSO, Andrés M.; PEÑA, Daniel; ROMO, Juan. **Introducing model uncertainty by moving blocks bootstrap**. *Statistical Papers*, v. 47, n. 2, p. 167-179, 2006.

ANGELIS, Cristiano Trindade de et al. **Um estudo sobre os filtros Hodrick-Prescott e Baxter-King**. 2004.

BRESSAN, Aureliano Angel; DE LIMA, João Eustáquio. **Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F**. *Nova Economia*, v. 12, n. 1, 2009.

BRUDER, Benjamin et al. **Trend filtering methods for momentum strategies**. Available at SSRN 2289097, 2011.

DA SILVEIRA CASTRO, Fábio et al. **Interpolação dos parâmetros do balanço hídrico climatológico considerando diferentes capacidades de água disponível no solo**. *nucleus*, v. 13, n. 2, 2016.

DANTAS, Tiago Mendes ; CYRINO OLIVEIRA, Fernando Luiz. **Previsão de velocidade de vento: uma abordagem utilizando bagging holt winters com decomposição stl**. in: xlvi simpósio brasileiro de pesquisa operacional, 2014, salvador. *anais do xlvi simpósio brasileiro de pesquisa operacional*, 2014.

DAO, Tung-Lam. **Momentum Strategies with L1 Filter**. *Journal of Investment Strategies*, v. 3, n. 4,



p. 1-26, 2014.

EVARISTO, Ronaldo Mendes. **Métodos de reamostragem de séries temporais baseados em wavelets**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo. 2010.

FARIA, Thais Mariane Biembengut; NETO, Anselmo Chaves. **Identificação de modelos ARMA pelo método Bootstrap**. RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 16, n. 1, 2014.

HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert; WAINWRIGHT, Martin. **Statistical learning with sparsity: the lasso and generalizations**. CRC press, 2015.

HODRIK, R.J. and Prescott E.C. Postwar U.S. **Business Cycles: An Empirical Investigation**, *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), pp. 1-16, 1997.

KAYO, Eduardo Kazuo; SECURATO, José Roberto. **Método Delphi: fundamentos, críticas e vieses**. *Cadernos de pesquisa em administração*, v. 1, n. 4, p. 51-61, 1997.

KIM, Seung-Jean et al. **ell<sub>1</sub> Trend Filtering**. *SIAM review*, v. 51, n. 2, p. 339-360, 2009.

RITZMAN, Larry P; KRAJEWSKI, Lee J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

ROSSETTO, Marta et al. **Técnicas Qualitativas de Previsão de Demanda: um Estudo Multicasos com Empresas do Ramo de Alimentos**. VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2011.

SATO, Takanori; KANNO, Kazutaka; BUNSEN, Masatoshi. **Complex linear minimum mean-squared-error equalization of spatially quadrature-amplitude-modulated signals in holographic data storage**. *Japanese Journal of Applied Physics*, v. 55, n. 9S, p. 09SA08, 2016

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FUTURO DO PREÇO DO CIMENTO PORTLAND CP IV

### Bianca Reichert

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Santa Maria – RS

### Adriano Mendonça Souza

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Estatística  
Santa Maria – RS

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo prever o preço de compra do cimento Portland CP IV para uma loja de materiais de construção, por meio dos modelos da classe geral ARIMA. A variável analisada foi coletada no período de julho de 2010 a março de 2016, compreendendo 69 observações mensais. Os melhores modelos ajustados foram ARIMA(4,1,0), ARIMA(0,1,4) e SARIMA(1,1,0)(1,0,0)<sub>4</sub>. O modelo sazonal foi selecionado para realizar as previsões, pois apresentou os melhores resultados para as estatísticas de ajustes com valores de AIC = 1,787113, BIC = 1,917672 e valor do erro percentual médio absoluto igual a 2,248914. Este estudo forneceu subsídios gerenciais importantes para empresa na qual a pesquisa foi desenvolvida e já se mostrou útil no gerenciamento de compras e do nível de estoques.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelos ARIMA, modelos SARIMA, cimento, previsão.

**RESUMO:** This paper aims to forecast the purchase price of Portland CP IV cement for a building supply store, using the ARIMA general models. The variable was collected from July 2010 to March 2016, resulting in 69 monthly observations. The best models were ARIMA (4,1,0), ARIMA (0,1,4) and SARIMA (1,1,0)(1,0,0)<sub>4</sub>. The seasonal model was selected to perform the predictions, because it showed the best results for the adjustment statistics with AIC = 1,787113, BIC = 1,917672 and mean absolute error percentage equal to 2,248914. This study provided important subsidies for the company manager and has already proved useful in the management of purchases and level of inventories.

**KEYWORDS:** ARIMA models, SARIMA models, cement, forecast.

### 1 | INTRODUÇÃO

O cimento Portland, um dos principais produtos utilizados na construção civil, foi criado em 1824 por um construtor inglês. Desde então, o cimento é utilizado em grande escala em construção de casas, prédios e pavimentações, especificamente na parte de elaboração da argamassa e concreto. Também é muito utilizado na fabricação de artefatos de cimento e de pré-moldados (ABCP, 2009).

Conforme o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, o cimento Portland origina-se a partir “de uma atividade integrada de exploração e beneficiamento de substâncias minerais (calcário e argila), sua transformação química em clínquer (cimento não pulverizado) e posterior moagem”. Em 2013, o Brasil ocupava a 5ª posição no ranking dos países que mais produziam cimento no mundo e foi responsável por uma produção de 70 mil toneladas no ano (CIMENTO.ORG, 2014).

Com isso, pode-se perceber que a produção e a comercialização do cimento Portland são relevantes para o desenvolvimento econômico do país, pois o cimento é um dos principais produtos utilizados no setor da construção civil. Este setor é um dos mais importantes para a economia brasileira, dado que em 2015 empregou 13,5% da força de trabalho do país (FIESP, 2015). A importância econômica do setor da construção civil também está relacionada à produção de materiais de construção e à comercialização e transporte dos mesmos.

Apesar da produção do cimento Portland não depender da importação de matéria prima, o seu preço pode sofrer variações ao longo do ano. Essas oscilações muitas vezes são influenciadas pela demanda ou até mesmo pelas variações climáticas do país, pois a sua matéria prima principal (calcário) precisa ter a umidade controlada (REICHERT; SOUZA, 2016).

Como o preço de compra do cimento oscila muito ao longo do ano, realizar o gerenciamento de estoques e o planejamento de compras torna-se uma tarefa difícil para os gestores. Essa dificuldade é conhecida principalmente em lojas de materiais de construção, pois o cimento é o principal produto do portfólio e gera um impacto considerável nos resultados financeiros da empresa. Portanto, há necessidade de desenvolver um método apropriado, a fim de determinar qual o momento mais oportuno de realizar a compra ou de manter o estoque do produto, levando-se em consideração as oscilações do preço, de forma que um maior retorno seja garantido para as lojas que o comercializam.

Considerando-se que existem muitas covariáveis que influenciam no preço final de compra do produto, busca-se responder o seguinte questionamento: os modelos econométricos são capazes de representar o comportamento futuro do preço de compra do cimento Portland CP IV?

O objetivo desta pesquisa é identificar qual é o melhor modelo da classe geral ARIMA para prever o preço de compra do Cimento Portland CP IV, em uma empresa de médio porte da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A principal limitação do estudo é a análise de apenas uma variável, o preço de compra do cimento Portland CP IV, pois não se teve a disponibilidade de outras variáveis. Outra limitação refere-se ao local de coleta de dados, o qual é uma loja de médio porte de materiais de construção e, portanto, não faz a aquisição do produto em grandes quantidades, perdendo o poder de barganha entre os fornecedores do produto. Também não se fez um estudo comparativo com outras lojas do mesmo ramo.

## 2 | METODOLOGIA

As etapas metodológicas utilizadas para o atingimento dos objetivos da pesquisa serão descritas a seguir de modo que a pesquisa possa ser replicada em outros ramos de atividades. A variável a ser analisada foi coletada no período de julho de 2010 a março de 2016, compreendendo 69 observações mensais, coletadas em uma loja de médio porte de materiais de construção com o auxílio do *software* de gestão utilizado pela empresa.

De modo geral, para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os modelos da classe geral ARIMA, que são modelos lineares com a característica de realizar previsões no curto prazo, pois são modelos de memória curta (BOX; JENKINS, 1970).

Inicialmente, traça-se o gráfico de sequência da série original e se realiza uma inspeção gráfica para analisar a estacionariedade da série, a fim de verificar a presença de componentes como tendência e sazonalidade.

Cumprida esta etapa, elaboram-se os gráficos da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) (SOUZA et al., 2015). Ambas as funções também auxiliam na determinação da estacionariedade da série e na identificação de existência de autocorrelação entre as observações (FELICIANI; SOUZA; SOUZA, 2015). Além disso, a FAC e FACP podem indicar o modelo a ser utilizado e a sua ordem, onde se pode optar pelos filtros autorregressivos (AR), médias móveis (MA), autorregressivo e de médias móveis (ARMA) e suas variantes quando a série for não estacionária, que neste caso será um modelo geral autorregressivo integrado e de médias móveis (ARIMA). No caso de série apresentar os efeitos de sazonalidade, ajusta-se um modelo sazonal (SARIMA) de ordem de sazonalidade  $s$  que corresponde ao período de repetições dentro de um ano.

O modelo ARIMA  $(p, d, q)$  é baseado na teoria que o comportamento da própria variável é capaz de captar os movimentos da série e realizar previsões, genericamente, representado pela Equação 1.

$$\phi(B)\Delta^d X_t = \theta(B)a_t \quad (1)$$

Onde  $B$  é o operador de retardo,  $d$  representa a ordem de integração,  $\phi$  é o parâmetro da parte autorregressiva representado pela letra  $p$  que denomina a ordem do modelo, e  $\theta$  é o parâmetro de médias móveis representado pela letra  $q$  o qual representa a ordem do modelo de médias móveis, e  $a_t \approx N(0, \sigma^2)$ , é o resíduo do modelo com características de Ruído Branco, isto é, média zero, variância constante e dados não autocorrelacionados (CASARIN; SOUZA; SPIM, 2013).

O modelo SARIMA é um modelo ARIMA com parte sazonal, sendo representado por SARIMA  $(p, d, q) (P, D, Q)_s$ , onde  $s$  representa o tamanho da sazonalidade. O modelo geral pode ser representado pela Equação 2 (MARCHEZAN; SOUZA, 2010).

$$\phi(B)\Phi(B)\Delta^d\Delta^{ds}X_t = \theta(B)\Theta(B)a_t \quad (2)$$

Nesse caso, o  $B$  é o operador de translação para o passado, os parâmetros  $\phi$  e  $\theta$  representam a parte autorregressiva e de médias móveis,  $\Phi$  e  $\Theta$  representam a parte autorregressiva e de médias móveis sazonais, e  $\Delta^{ds}$  representa a diferença sazonal, a qual tem por objetivo tornar a série estacionária, possibilitando a aplicação da metodologia de Box e Jenkins (1970) (FARIAS; ROCHA; LIMA, 2005).

Após serem estimados diversos modelos da classe geral ARIMA, os quais são denominados modelos concorrentes, a escolha do melhor modelo é baseada no critério de informação Akaike (AIC) e no critério de informação Bayesiana (BIC), os quais devem apresentar valores mínimos, conforme as Equações 3 e 4. Estes critérios são denominados penalizadores, pois levam em consideração o número de parâmetros estimados. Isto é, quanto mais parâmetros utilizados na modelagem maior serão os valores destas estatísticas (AKAIKE, 1974).

$$AIC = T \ln(SQR) + 2n \quad (3)$$

$$BIC = T \ln(SQR) + n \ln(T) \quad (4)$$

Onde  $T$  representa o número de observações,  $SQR$  é a soma dos quadrados dos resíduos, e  $n$  é o número de parâmetros que foram estimados.

Determinado o melhor modelo concorrente, realizam-se as previsões no curto prazo com 3 passos à frente, as quais serão avaliadas pelo erro percentual médio absoluto (MAPE) conforme a Equação 5. Quanto menor o valor da estatística, melhor serão as previsões fornecidas pelo modelo proposto (KLIDZIO, 2009).

$$MAPE(\%) = \frac{\sum \left( \frac{x_t - \bar{x}_t}{x_t} \right)}{n} \times 100 \quad (5)$$

Onde  $n$  é o número de observações;  $x_t$  é o valor observado no instante  $t$  e  $\bar{x}_t$  é o valor previsto no instante  $t$ .

Para o desenvolvimento desta pesquisa, fez-se necessário a utilização do *Software Eviews 9 SV*.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa, emprega-se a metodologia descrita anteriormente de modo que seja possível prever o preço de compra do cimento Portland CP IV, utilizando os dados coletados em uma loja de médio porte de materiais de construção.

A partir da análise dos valores do preço do cimento Portland CP IV, coletados no período de julho de 2010 a março de 2016 com valores mensais, observa-se na Figura 1 o comportamento da variável em nível.

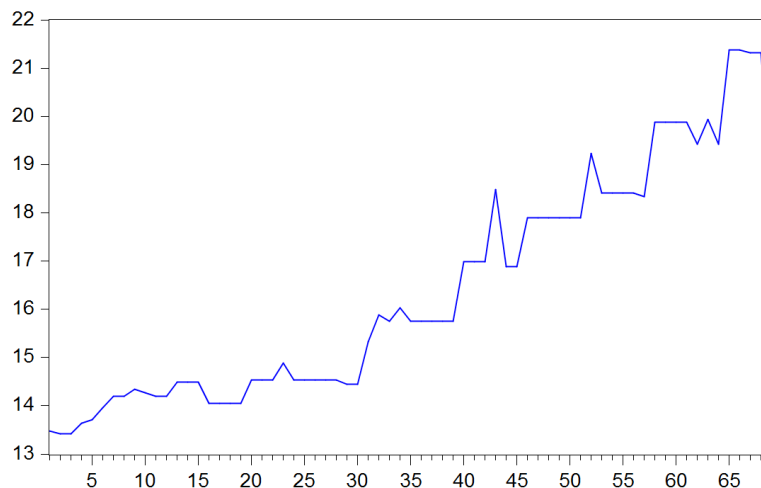


Figura 1 - Gráfico da série em nível do preço de compra do cimento Portland CP IV

Observa-se na Figura 1 que a série é não estacionária, pois apresenta comportamento de tendência crescente. Portanto, é necessário que a série seja diferenciada de modo a torná-la estacionária. A estacionariedade é uma pré-suposição para o ajuste dos modelos ARIMA. Também se observa que existem picos regulares dentro do período de um ano, o que reflete a existência do efeito sazonal na série. Deste modo, estimam-se modelos concorrentes contendo ou não as características sazonais.

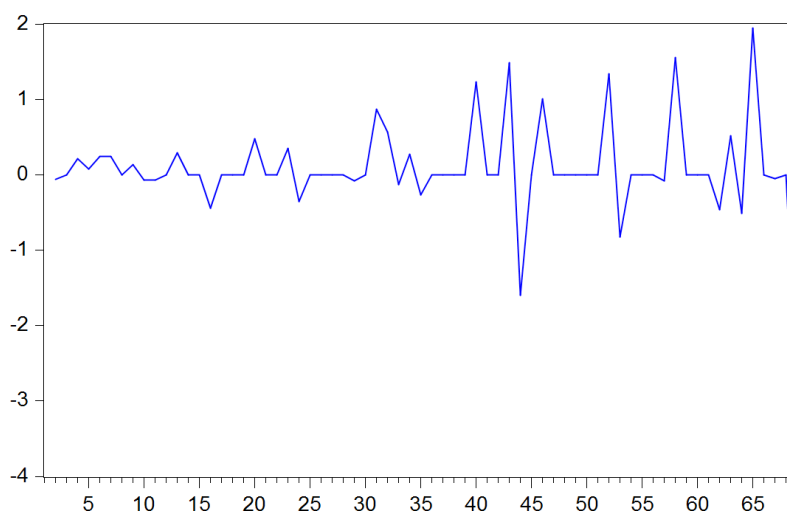


Figura 2 - Gráfico da série original em primeiras diferenças

Percebe-se na Figura 2 que a série se torna estacionária em relação a sua média após a aplicação de uma diferença, e ainda assim é possível identificar picos regulares na série, o que representa a sazonalidade do preço.

Além da estacionariedade, analisa-se a autocorrelação das observações, por meio dos gráficos da função de autocorrelação (FAC) e da função de autocorrelação parcial (FACP) na Figura 3.

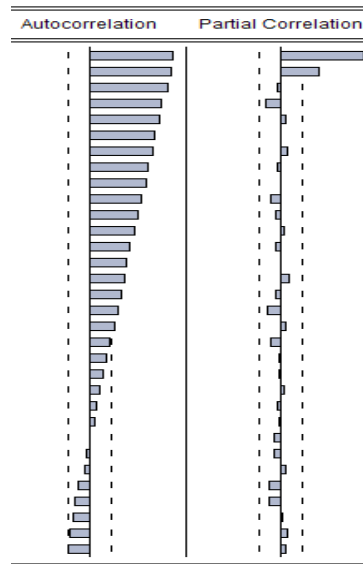


Figura 3 – Gráfico das funções de autocorrelação e de autocorrelação parcial

Na Figura 3, percebe-se que existe correlação entre as observações devido ao decréscimo lento das autocorrelações no gráfico da FAC, isso indica que observações futuras são influenciadas por observações passadas. Em relação ao gráfico da FACP, percebe-se que a possível ordem do modelo de previsão será 1 ou 2, em razão de haver dois *lags* significativos. Desta forma, devem-se estimar modelos da classe geral ARIMA, pois a série em estudo apresenta traços de autocorrelação e é não estacionária. Também se faz necessário ajuste de um modelo sazonal, pois a FAC apresentou uma inversão de valores ao longo do tempo. Portanto, há a possibilidade de se estimar diversos modelos de previsão.

Com base nessas informações, podem-se observar na Tabela 1 os modelos concorrentes para o preço de aquisição do cimento Portland CP IV e suas respectivas estatísticas e critérios de informação.

Modelo	Coefficientes	p-valor	AIC	BIC
ARIMA (4,1,0)	$\phi_4 = -0,446213$	< 0,05	1,862090	1,927369
ARIMA (0,1,4)	$\theta_4 = -0,413051$	< 0,05	1,852729	1,918008
<b>SARIMA (1,1,0) (1,0,0)<sub>4</sub></b>	C = 0,094317	< 0,05	<b>1,787113</b>	<b>1,917672</b>
	$\phi_1 = -0,326268$	< 0,05		
	$\phi_4 = -0,543705$	< 0,05		

Tabela 1 - Modelos concorrentes da classe geral ARIMA para o preço do cimento Portland CP IV

Os três modelos concorrentes apresentaram a característica de Ruído Branco, ou seja, média igual a zero, variância constante e valores não autocorrelacionados. Portanto, são modelos aptos a representar a série em estudo. Todos os parâmetros estimados são significativos, com p-valor inferior a 5%. Dentre os modelos estimados, optou-se por um modelo que captasse o efeito da sazonalidade, pois este apresentou

os menores valores para os critérios AIC e BIC, com valores iguais a 1,787113 e 1,917672, respectivamente.

Prosseguindo no exame das condições de Ruído Branco do modelo selecionado, foram elaborados os gráficos de FAC e FACP dos resíduos do modelo SARIMA, conforme a Figura 4.

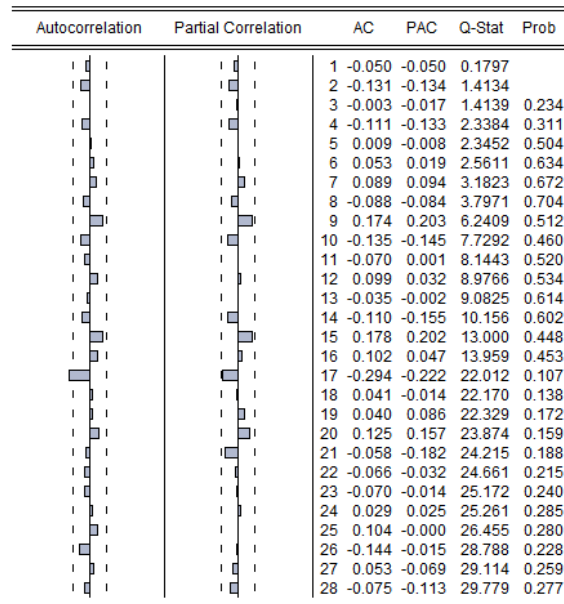


Figura 4 – FAC e FACP dos resíduos do modelo SARIMA (1, 1, 0)(1, 0, 0)<sub>4</sub>

Analisando a Figura 4, conclui-se que os resíduos são não autocorrelacionados e, portanto, o modelo escolhido é apto para realizar previsões.

Na Figura 5, pode-se observar o comportamento da série original, da série estimada com o modelo sazonal e os resíduos da modelagem. Verifica-se que a série estimada converge para a série real, demonstrando que o modelo ajustado consegue captar os movimentos oscilatórios da série e, assim, realizar previsões dos valores futuros.

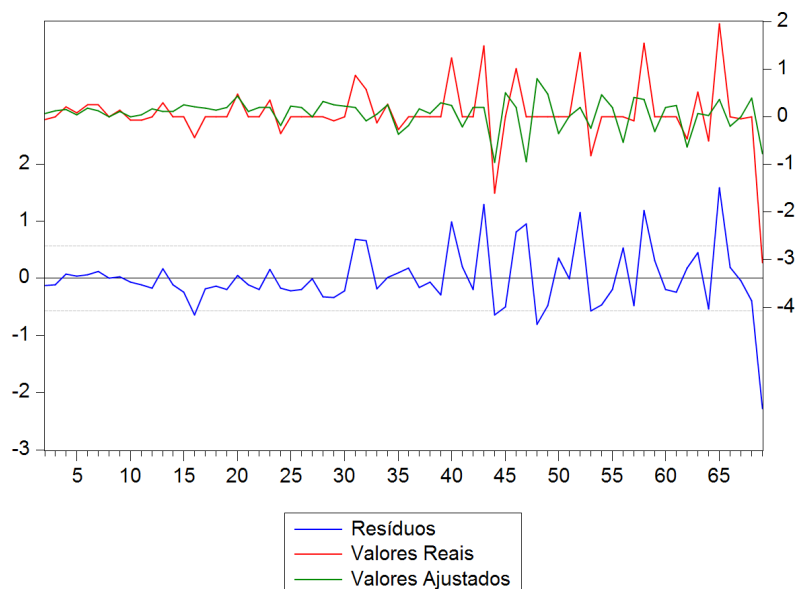


Figura 5 – Gráfico dos valores reais, ajustados e resíduos do modelo SARIMA



Ao analisar a Figura 5, percebe-se que o modelo sazonal estimado tem a capacidade de acompanhar os movimentos da série original, porém o modelo não conseguiu representar de maneira satisfatória os picos ocorridos. Deste modo, sugere-se a estimação de modelos que englobem a volatilidade, tais como ARCH e GARCH, a fim de representar por completo a série analisada.

Como última etapa de modelagem e o propósito da pesquisa, realizou-se a previsão no curto prazo com 3 passos à frente, do tipo “*in-sample*”, conforme a Figura 6. A previsão apresentou um erro percentual médio absoluto igual a 2,248914.

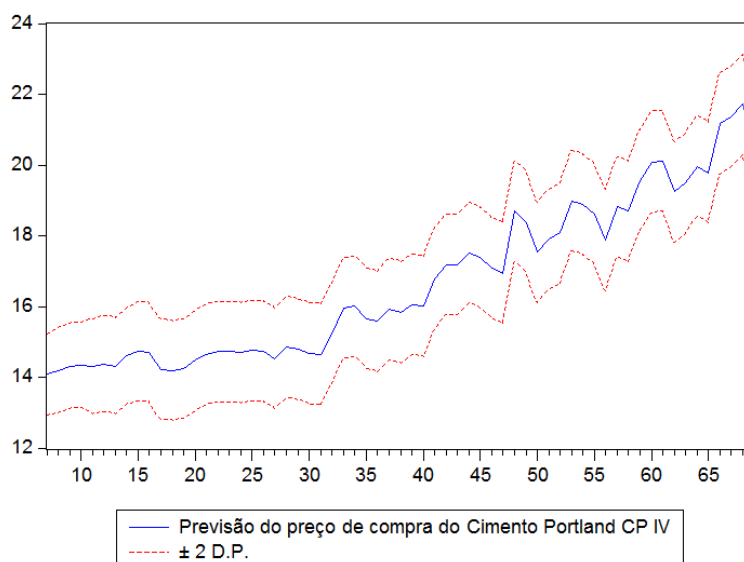


Figura 6 - Previsão *in-sample* do preço de compra do cimento Portland CP IV

Verifica-se na Figura 6 que o modelo SARIMA  $(1, 1, 0) (1, 0, 0)_4$  além de captar os movimentos da série, foi capaz de prever adequadamente os valores 3 passos à frente, dentro de um intervalo de  $\pm 2$  desvios-padrão. De posse dos valores previstos, o gestor da loja de materiais de construção poderá decidir o momento oportuno para realizar a compra ou de manter apenas um estoque de segurança até que o preço do produto volte ao seu nível de equilíbrio, proporcionando um fluxo de venda adequado e um maior retorno financeiro para a empresa.

#### 4 | CONCLUSÃO

A modelagem econométrica é uma ferramenta eficaz para entender o comportamento de diversas variáveis. Nesta pesquisa, o preço de compra do cimento Portland CP IV de uma loja de materiais de construção foi o objeto de estudo. Para prever o preço, foram utilizados os modelos da classe geral ARIMA, pois havia apenas uma variável disponível e seus valores apresentaram autocorrelação. Desta forma, a autocorrelação entre as observações possibilitou realizar a previsão do preço do produto no curto prazo. Os modelos ajustados para o período de julho de 2010 a março de 2016 foram: ARIMA  $(4, 1, 0)$ , ARIMA  $(0, 1, 4)$  e SARIMA  $(1, 1, 0) (1, 0, 0)_4$ . A modelagem

sazonal foi a que apresentou os melhores resultados para as estatísticas de ajustes do modelo e os melhores valores para as estatísticas de previsão.

Este estudo forneceu subsídios gerenciais importantes no local onde a pesquisa foi desenvolvida, e se mostrou útil no gerenciamento de compras e de estoques desta empresa. Dessa forma, deixa-se como sugestão para futuros trabalhos, a modelagem conjunta do preço de compra com outras variáveis que possuam forte impacto financeiro no desempenho mensal da empresa, além da aplicação de modelos baseados na volatilidade.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v.19, n.6, p.716-723, 1974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Tipos de cimento**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=21>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

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

CASARIN, V. A.; SOUZA, A. M.; SPIM, J. A. Monitoramento dos defeitos em ferro fundido usando resíduos de modelos autorregressivos. **Revista Geintec**, v.3, n.2, p. 227-238, 2013.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. **Processo de produção**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/processo.asp>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CIMENTO.ORG. **Cimento no mundo**. Disponível em: <<http://cimento.org/cimento-no-mundo/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

FARIAS, E. R.; ROCHA, F. J. S.; LIMA, R. C. **Critérios de seleção de modelos sazonais de séries temporais**: uma aplicação usando a taxa de desemprego da região metropolitana de Recife. III Encontro Regional de Estudos do Trabalho – ABET, 22 a 24 de novembro de 200 – Recife, PE. Disponível em: <<http://www.race.nuca.ie.ufrj.br/abet/3reg/39.DOC>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **PIB do setor de construção civil caiu 2,7% no 1º trimestre do ano, mostra estudo da FIESP**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/pib-do-setor-de-construcao-civil-caiu-27-no-1o-trimestre-do-ano-mostra-estudo-da-fiesp/>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

FELICIANI, A. V.; SOUZA, A. M.; SOUZA, F. M. Modelos estocásticos de previsão dos preços da soja no Brasil. **Custos e Agronegócio on line**, v. 11, n. 1, p. 263-280, 2015.

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.

MARCHEZAN, A.; SOUZA, A. M. Previsão do preço dos principais grãos produzidos no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2368-2374, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010384782010001100019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782010001100019&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

REICHERT, B.; SOUZA, A. M. Análise do comportamento futuro do preço do cimento Portland CP IV.

In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVI, 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_231\\_347\\_28799.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_231_347_28799.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2016.

SOUZA, A. M.; SOUZA, F.M.; ZANINI, R.R.; REICHERT, B.; LIMA JUNIOR, A. V. de. Applications Residual Control Charts Based on Variable Limits. **Int. Journal of Engineering Research and Applications**, v. 5, n. 5, p. 44-50, may 2015.

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

### **Pedro de Moraes Rocha**

(Universidade Federal do Rio de Janeiro) pedro.demoraes@poli.ufrj.br

### **Vitória Gomes da Costa**

(UVA- Universidade Veiga de Almeida) vivigcosta@hotmail.com

### **Yasmin Leão Sodré Soares**

(UVA- Universidade Veiga de Almeida) ysodre@hotmail.com

### **Daiane Rodrigues dos Santos**

(UVA- Universidade Veiga de Almeida) daiane.santos@uva.br

**RESUMO:** A avaliação de aspectos econômicos, patrimoniais e financeiros de setores da economia pode ser feita através da análise dos indicadores econômico-financeiros que, quando previstos de forma adequada, trazem grandes benefícios para a empresa e seus acionistas. Ao longo dos últimos anos, diversos autores estudaram as relações entre esses indicadores e as variáveis macroeconômicas. O objetivo desse artigo é averiguar, utilizando Redes Neurais, a influência das variáveis: PIB (Produto Interno Bruto), Taxa de câmbio, Taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) e Inflação sobre o desempenho de quatro empresas de capital aberto do setor de papel e celulose brasileiro: Fibria, Suzano Papel e Celulose, Celulose Irani e Klabin. Para tal

análise, foram aplicados dois modelos à base de dados, um utilizando apenas o passado dos próprios indicadores e outro utilizando, adicionalmente, as variáveis macroeconômicas. De acordo com os critérios de avaliação utilizados, no período estudado, o desempenho das variáveis macroeconômicas mostrou-se significativa para prever as variações dos índices econômico-financeiros.

**PALAVRAS-CHAVES:** Setor de Papel e Celulose, Indicadores de Desempenho, Variáveis Macroeconômicas, Redes Neurais Artificiais.

**ABSTRACT:** The evaluation of economic, property and financial aspects of the economy can be made through analysis of the Financial-Economic indicators that, when properly forecasted, can bring great benefits to the company and its shareholders. Over the past years, several authors have studied the relationship between these indicators and macroeconomic variables. This paper will investigate, using Neural Networks, the influence of the following variables: GDP, Exchange Rate, Interest Rate and Inflation, over the performance of four Brazilian Pulp and Paper companies: Fibria, Suzano Paper and Celulose Irani and Klabin. For this analysis, two models were applied to the database, one using only the indicators historical data, and another

using, in addition to, the macroeconomic variables. According to the evaluation criteria, applied on the period of the study, the performance of the macroeconomic variables were significant to predict the changes of the Financial-Economic index.

**KEY WORDS:** Paper and Pulp sector, Performance Indicators, Macroeconomic variables, Artificial Neural Networks

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor de papel e celulose no Brasil tem aumentado, consideravelmente, sua participação no volume comercializado mundialmente. Hora e Melo (2016), explicitaram que a alta produtividade da atividade florestal, resultado de investimentos extensos em pesquisas e desenvolvimento, bem como as condições climáticas no país, trazem um diferencial competitivo para a indústria de papel e celulose brasileira. Importantes estímulos a projetos florestais são feitos pelas principais empresas do setor, para o suprimento da madeira de produção. Segundo Bizus *et al.* (2010), uma nova fábrica de celulose tem capacidade de até 1,5 milhões de toneladas (t)\ano, com investimentos de até R\$ 4 bilhões. Em 2015, o setor de Papel e Celulose foi responsável por 6% do PIB Industrial Brasileiro.

Neste artigo, analisamos os resultados de alguns dos principais *players* do mercado, sendo eles a Suzano, Fibria, Klabin e Celulose Irani, responsáveis por mais de 85% do *market share* da indústria (figura 1), e como eles alavancaram o setor com seus projetos entre 2000 e 2010, conforme pesquisa de Vidal e Hora (2012). Após a recente publicação nos principais meios de comunicação nacionais, como em matéria da Revista Veja (2018), o setor deve ter grande alteração tendo em vista a fusão entre as empresas Suzano e Fibria, formando a maior empresa de celulose de mercado do mundo, com 70% de participação no mercado nacional. Dentro desse contexto, a indústria no país, entre os anos de 1970 e 2013 teve taxas de crescimento anuais para a celulose e o papel, respectivamente, de 7.1% e 5.4%, colocando o Brasil em posição de destaque mundialmente.

Em estudos recentes, foram encontradas evidências das relações entre as variáveis macroeconômicas e os indicadores econômico-financeiros de distintos setores e empresas. Costa, *et. al.* (2011) utilizaram as demonstrações contábeis de 82 empresas e três variáveis macroeconômicas (PIB, Taxa SELIC e IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo).

Guidini *et al.* (2007), analisou 111 empresas dos principais setores da economia brasileira, e seus indicadores de taxa de câmbio, juros, inflação, exportações e importações, além de crescimento externos. Os estudos citados, bem como outros expostos neste trabalho, confirmam a relação supracitada.

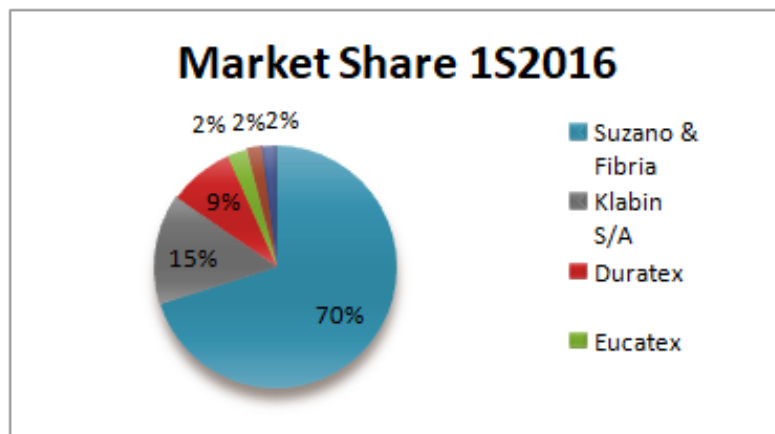


Figura 1 - Market Share Setor de Papel e Celulose

Fonte: Adaptado de Dias (2016)

O objetivo desse artigo é analisar a influência das variáveis macroeconômicas sobre o desempenho econômico-financeiro do setor de papel e celulose brasileiro no período de 2002 a 2017. Em um primeiro estágio utilizamos a metodologia de Toda e Yamamoto (1995) para averiguar se existe dependência entre as variáveis, comprovada a relação entre as variáveis utilizamos, em um segundo estágio, a modelagem conjunta via Redes Neurais Artificiais para modelar os indicadores do setor de papel e celulose brasileiro considerando algumas variáveis macroeconômicas como variáveis explicativas.

O artigo está estruturado em seis tópicos, iniciando com esta introdução. Na sequência (seção 2), faz-se uma incursão teórica no setor de Papel e Celulose, bem como sua importância no Brasil e no mundo. Em seguida, apresentamos os indicadores classificados em quatro grupos: Liquidez, endividamento e estrutura, atividade e desempenho e lucratividade. O próximo assunto abordado na seção de revisão são as variáveis macroeconômicas, e como elas influenciam os Indicadores econômico-financeiros de empresas. Posteriormente, na seção 3 discorreremos sobre o teste de Toda e Yamamoto (1995) e na seção 4 apresentamos as Redes Neurais e a arquitetura adotada neste artigo, em seguida dissertamos acerca das métricas utilizadas para comparação dos resultados. Na seção 5 apresentamos as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas e as análises dos resultados obtidos. Por fim, na seção 6, apresentamos as conclusões do artigo.

## 2 | REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Setor de papel e celulose

A indústria de papel e celulose é composta por dois grandes segmentos industriais que, apesar de fazerem parte do mesmo setor, são distintos um do outro, cada um com seu respectivo processo produtivo. O primeiro deles é o de celulose, o qual produz tipos diferentes de celulose e pastas. O segundo segmento industrial desse setor é o

de papel, responsável pela produção de diversos produtos relacionados.

Acelulose é a matéria-prima principal da produção do papel, mas nem toda indústria trabalha com os dois processos. Santos (2012) explica que a produção de celulose e papel apresenta uma cadeia produtiva com etapas tecnicamente independentes. Isso implica que nem toda fábrica de papel produz ou necessita produzir celulose, e nem toda fábrica de celulose produz papel.

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2015), existem dois tipos de celulose: a de fibra curta, que deriva principalmente do eucalipto, ideal para a produção de papéis como os de imprimir, escrever e de fins sanitários (papel higiênico, toalhas de papel, guardanapos), além das de fibra longa, originárias de espécies coníferas como o pinus, utilizada na fabricação de papéis que demandam mais resistência, como os de embalagens, e nas camadas internas do papel-cartão, além do papel jornal.

Hora e Melo (2016) explicitam que a indústria brasileira de papel e celulose é bastante competitiva, fruto principalmente da alta produtividade da atividade florestal, derivada de décadas de investimentos intensivos em pesquisa e desenvolvimento, assim como das condições edafoclimáticas <sup>1</sup> do Brasil.

Segundo Coelho e Coelho (2013) as vantagens competitivas que o Brasil detém, especificamente em tecnologia florestal, está no reduzido tempo de rotação que eleva o rendimento médio da espécie fornecedora de celulose de fibra curta, no caso, o eucalipto. Com um ciclo de rotação de sete anos e rendimento médio de 44 m<sup>3</sup>/ha (hectares)/ano, ao compararmos o Brasil com outros países evidenciam-se as primazias, como os identificados na África do Sul, Chile e Portugal, com ciclos variando de 8 a 15 anos e rendimento de 12 a 25 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Santos (2012) corrobora com a questão, enfatizando que na análise das espécies de um gênero com fibras longas, o Brasil também apresenta vantagens na rotação, sendo a mesma de 15 anos e rendimento médio de 38 m<sup>3</sup>/ha/ano, resultados bem melhores que os obtidos por Chile, Nova Zelândia, EUA e Canadá.

As principais empresas, tal qual relata Biazus *et al.* (2010), em sua maioria de grande porte, destacam-se por altos investimentos e importantes estímulos a projetos florestais para o suprimento de madeira de produção. No Brasil, em consonância com os mesmos autores, uma nova fábrica de celulose tem capacidade entre 1,0 milhão e 1,5 milhão de toneladas(t)/ano, demandando investimentos de cerca de R\$ 3 bilhões a R\$ 4 bilhões (incluindo o investimento florestal). Como base de comparação, há dez anos a escala mínima de produção era de 500 mil t/ano.

Essa ampliação de capacidade da indústria deste setor ocorreu, principalmente, por meio de quatro grandes projetos de celulose de mercado, de classe mundial, que iniciaram suas atividades entre 2000 e 2010, de acordo com Vidal e Hora (2012). O primeiro foi a terceira linha da unidade de Aracruz (ES) da então Aracruz (atual Fibria), com capacidade de produção de 700 mil t/ano de celulose. Posteriormente, em 2005,

---

1. Conforme o Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa edafoclimático é um adjetivo relativo às condições do clima e solo.

na região sul da Bahia, houve o início das operações da primeira planta de celulose da Veracel, com capacidade de 900 mil t/ano e que é, ainda hoje, uma das plantas mais eficientes do mundo, em função da alta produtividade das florestas da região. Ainda na Bahia, o projeto de uma nova linha na planta da Suzano em Mucuri, com capacidade de produção de 1 milhão de t/ano de celulose de mercado, começou em 2007. Na época, foi a maior escala de uma planta de celulose em todo o mundo e foi responsável por levar a Suzano (que era denominada Suzano Bahia Sul Papel e Celulose) a ser segunda maior produtora nacional de celulose. Por fim, de acordo ainda com Vidal e Hora (2012), em 2009, uma nova unidade da então VCP (Votorantim Celulose e Papel, atual Fibria) com capacidade instalada de 1,3 milhão de t/ano. Apenas nestes quatro projetos, foram adicionados quase quatro milhões de toneladas de capacidade instalada de BHKP (em português, pasta branqueada de eucalipto) no mercado. Conforme os mesmos autores, outro destaque na oferta brasileira no período foi a formação da Fibria, a maior produtora de celulose branqueada de eucalipto do mundo, oriunda da fusão entre a VCP e a Aracruz, em 2009.

Conforme Vidal e Hora (2012), o Brasil está em uma posição de destaque na produção mundial de celulose, em especial considerando-se a produção de celulose de fibra curta de mercado, com participação de 38% em 2010 no mercado mundial.

Ratificando esse cenário, Hora e Melo (2016) relatam que no período 1970-2013, a produção brasileira de celulose cresceu a taxas médias de 7,1% ao ano, e a produção de papel acompanhou esse movimento, a uma taxa de 5,4% ao ano, colocando o Brasil entre os maiores produtores de papel e celulose do mundo.

Segundo relatório do Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (DEPEC), de janeiro de 2018, somos o segundo país do mundo em produção de celulose e o oitavo em papéis. A balança comercial brasileira, relacionados à esta indústria, apontam um saldo positivo expressivo, de acordo com a Figura 2.

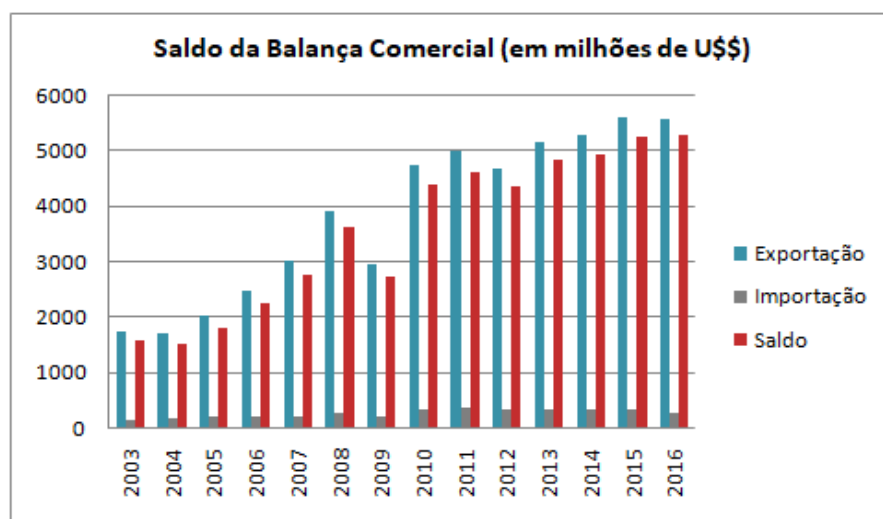


Figura 2 – Saldo da Balança Comercial de Celulose

Fonte: DEPEC (2018)



Dados recentes da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017) apontam que de janeiro a outubro de 2017, as exportações de celulose cresceram 2,9% na comparação com mesmo período do ano anterior, alcançando 16 milhões de toneladas comercializadas, reafirmando a importância deste setor para a economia brasileira.

De acordo com informações atualizadas<sup>2</sup>, os acionistas controladores da empresa brasileira de celulose Fibria Celulose SA A. concordaram em fundir a empresa com a rival Suzano Papel e Celulose SA para criar o maior produtor mundial de celulose de mercado.

A nova companhia liderará a produção mundial de celulose com capacidade anual de 11 milhões de toneladas, mais que o dobro dos 5 milhões de toneladas de capacidade do segundo maior produtor mundial. O acordo fortalece o poder de precificação dos brasileiros após anos de aumento de capacidade, quando os fabricantes de polpa em uma das regiões de eucalipto de maior rendimento do mundo lutaram por participação de mercado com planos de expansão competitivos. (Nasdaq, 2018)

## 2.2 Indicadores econômico-financeiros

Segundo Adamowicz *et al.* (2002) no mundo dos negócios os termos “econômico” e “financeiro” são diariamente empregados. Sendo assim, os autores explicitam que Análise Econômica é o estudo do patrimônio líquido e do lucro ou prejuízo, já a Análise Financeira estuda a capacidade de pagamento da empresa.

Para mapear o desempenho econômico-financeiro do setor de papel e celulose brasileiro, foram selecionados dezesseis indicadores classificados em quatro grupos: liquidez, endividamento e estrutura, análise de mercado/risco e desempenho e lucratividade.

Os indicadores de liquidez utilizados nesta pesquisa são: Liquidez Geral, Liquidez Corrente e Liquidez Seca. Os indicadores de endividamento e estrutura selecionados para este artigo foram: Imobilização do Patrimônio Líquido, Exigível Total dividido pelo Ativo Total, Exigível Total sobre Patrimônio Líquido, Índice de cobertura de juros e Grau de Aplicação Financeira. Os indicadores de atividades (análise de mercado/risco) usados nessa pesquisa são: Prazo Médio de Pagamento de Fornecedores, Prazo Médio de Estocagem, Prazo Médio de Recebimento de Vendas, Ciclo Operacional e Ciclo Financeiro. Os indicadores de desempenho e lucratividade são: Giro do Ativo, Rentabilidade do Ativo e Margem Líquida.

O índice de Liquidez Geral mostra a capacidade de pagamento da empresa (a longo prazo), relacionando (a curto e a longo prazo) tudo que já foi assumido como dívida com tudo que será convertido em dinheiro. Conforme Matarazzo (2007), o índice de liquidez geral indica a capacidade que a empresa tem de pagar suas obrigações (a curto e longo prazo), por intermédio do ativo circulante e realizável (em longo prazo). O Índice de Liquidez Corrente demonstra se a empresa será ou não capaz de pagar seus compromissos (a curto prazo). De acordo com Ludícibus (2017), este índice

2. Reuters (2018)

relaciona quanto a empresa possui em dinheiro, com relação às dívidas que a mesma possui e quanto a empresa pode converter para pagar suas dívidas. Já o índice de Liquidez Seca calcula a capacidade de pagamento empresarial desconsiderando os seus estoques. Entende-se que este índice serve para verificar a tendência financeira da empresa em cumprir, ou não, com as suas obrigações (a curto prazo). Para Gitman e Madura (2003, p. 195): “O índice seco (quociente ácido) é parecido com o índice de liquidez de curto prazo, exceto por excluir o estoque, em geral é o ativo circulante de menor liquidez”. Podemos concluir que através desse índice conseguimos averiguar a tendência financeira da empresa em cumprir ou não com suas obrigações (a curto prazo), desconsiderando os estoques.

Os Índices de Endividamento e Estrutura calculam a situação financeira da empresa e leva em consideração as médias analisadas por outras empresas que atuam no mesmo segmento. Segundo Marion (2012), os índices de endividamento mostram o grau de endividamento da empresa e a composição desse endividamento. O índice de Imobilização do patrimônio líquido mostra quanto do Patrimônio Líquido está aplicado no Ativo Permanente, tendo como resultado a maior ou menor dependência de recursos de terceiros para a manutenção da empresa, resultando assim a maior ou menor dependência de recursos de terceiros para manutenção dos negócios.

“A imobilização do Patrimônio Líquido diz respeito ao percentual que o Ativo Não Circulante, exceto o realizável em Longo Prazo, representa quando dividido pelo Patrimônio Líquido e tem como objetivo mostrar se a empresa destina totalmente seus recursos próprios para aplicações permanentes de recursos em Imobilizado, Investimentos e Intangível (que é o mesmo que Ativo Não Circulante menos o Realizável em Longo Prazo) ou se há sobra de recursos próprios também para financiar o capital de giro”. (Saporito, 2015, p. 162),

De acordo com Berto (2007) o índice Exigível total sobre patrimônio líquido, mostra os níveis totais de uso de capital de terceiros, composto pelas fontes de curto prazo (Passivo Circulante) e longo prazo (Exigível a Longo Prazo), em relação ao capital próprio (Patrimônio Líquido).

O Índice de cobertura de juros e grau de aplicação financeira mede a capacidade/facilidade da empresa de efetuar pagamentos de juros previstos em contratos pendentes. Segundo Athar (2005, p. 157), este índice consegue também medir a quantidade de vezes que o lucro da empresa pode diminuir sem afetar a remuneração devida aos recursos de terceiros.

Os indicadores de atividades representam a avaliação das incertezas de uma empresa que possuem relação com às suas operações financeiras, que vão de gestão do fluxo de caixa até a alocação de recursos em investimentos. Sendo seu principal objetivo dar o auxílio na tomada de decisões pelo gestor da empresa, procurando sempre evitar ou minimizar riscos. De acordo com Duarte (2001, p. 3), “Risco de Mercado depende do comportamento do preço do ativo diante das condições de mercado. Para entender e medir possíveis perdas devido às flutuações do mercado é importante identificar e quantificar o mais corretamente possível as volatilidades e

correlações dos fatores que impactam a dinâmica do preço do ativo”.

Segundo Marques *et al.* (2015), o Prazo médio de pagamento de fornecedores engloba o período entre a compra e o pagamento das mercadorias (ou matérias-primas). Conforme Gitman (2009, p. 54), “Tempo médio de pagamento das contas devidas pela empresa aos fornecedores”. Esse índice indica a quantidade de dias que a empresa leva para pagar seus fornecedores.

O Prazo médio de estocagem tem o objetivo de calcular o prazo médio que os produtos ficam parados no estoque ao longo do ano, sendo considerado como período desde a entrada da matéria prima (compra) até a saída do material finalizado (venda). “Este índice mostra o número médio de dias que uma unidade está no estoque. ” (Blatt, 2001, p. 90). Através desse indicador, a empresa poderá averiguar se esse prazo médio de recebimento está de acordo com a média mais viável para o fluxo de caixa desejado do fluxo financeiro atual.

De acordo com Ross *et al.* (2013) o Ciclo operacional é o tempo necessário para adquirir o estoque, processá-lo, vendê-lo e receber o pagamento das vendas. Conforme Gitman (2004, p. 509)”, [...] o prazo entre o início do processo de produção e o pagamento de vendas do produto acabado ao cliente”. No Ciclo financeiro tudo dependerá do poder de negociação que sua empresa tem com os fornecedores. Segundo Marques *et al.* (2015), ciclo financeiro é o tempo entre o pagamento a fornecedores e o recebimento das vendas. Quanto maior o poder de negociação da empresa com fornecedores, menor o ciclo financeiro.

O indicador de desempenho e lucratividade mede o desempenho que a empresa obteve naquele período. “Uma possível conceituação de desempenho no âmbito das organizações é a capacidade da empresa atingir seus objetivos estratégicos através da implementação de estratégias adotadas dentro do seu processo de planejamento. ” (Fischmann e Zilber, 1999).

A Rentabilidade do Ativo, conhecido também por ROA (*Return on Assets*) mostra o desempenho da empresa, sendo calculado quando se quer ter uma ideia do lucro total da empresa. Segundo Perez e Begalli (2015), este indicador mostra o retorno sobre o Ativo Total sem depender da procedência, seja dos proprietários, das operações da empresa ou de terceiros. O Giro do Ativo revela quanto a empresa vendeu para cada real investido em relação ao Ativo Total. Iudícibus e Marion (2011, p.144) observam que quanto maior o giro do ativo em relação às vendas, maior será a chance de quitar as despesas com uma boa margem de lucro. Por último, de acordo com Perez e Begalli (2015), demonstra a capacidade que a empresa possui em gerar lucro comparativamente à Receita Líquida de vendas.

### **2.3 Indicadores econômico-financeiros e variáveis macroeconômicas**

As relações entre as variáveis macroeconômicas e os indicadores econômico-financeiros de distintos setores e empresas despertam interesse nos pesquisadores.

Santos et al. (2008) analisaram a relação entre os ciclos econômicos no Brasil e o desempenho econômico-financeiro das companhias de capital aberto através do Teste de Correlação (*Cross-correlation Test*). Como variável macroeconômica relacionada utilizaram o PIB real per capita para mensurar o desempenho econômico-financeiro das empresas. Os autores selecionaram nove indicadores classificados em quatro grupos: rentabilidade; liquidez, endividamento e estrutura, análise de mercado/risco. Os resultados, segundo os autores, sugerem que, para alguns setores, são robustas as evidências em favor dos indicadores econômico-financeiros serem afetados pelo ciclo econômico no período de 1995 a 2005.

Costa, *et. al.* (2011) utilizaram as demonstrações contábeis de 82 empresas e três variáveis macroeconômicas (PIB, Taxa SELIC e IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Amplo -) averiguando seu impacto nos indicadores econômico-financeiros das empresas do setor de Consumo Cíclico e Não Cíclico da Bm&fBovespa, uma vez que a teoria sugere que empresas do primeiro setor são mais afetadas por flutuações econômicas do que empresas do segundo setor. Ainda de acordo com os autores, realizou-se uma pesquisa quantitativa, descritiva e com análise de dados documentais. Como forma de atingir os objetivos propostos, o estudo utilizou-se do cálculo dos coeficientes de correlação canônica, sendo estes dois últimos calculados com o auxílio do software estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Após a aplicação dos testes estatísticos, os autores confirmaram que tanto IPCA, como Taxa SELIC e PIB foram significativos para determinar o nível de disponibilidades das empresas.

Segundo McGhan e Porter (2002), existem 4 fatores que podem influenciar empresas: (i) fatores macroeconômicos - comuns a todas as empresas; (ii) fatores setoriais - que influenciam empresas do mesmo setor, como rivalidade entre empresas, preferência do consumidor, tributação; (iii) fator conglomerado - como cultura corporativa; e (iv) fatores específicos da empresa, como produtos e processos, capital humano e vantagem competitiva. Oxelheim (2003) sugeriu que acionistas precisam ser informados sobre efeitos das variáveis macroeconômicas sobre os resultados, como medida de informação do risco macroeconômico existente no negócio. Empresas precisam ficar atentas a variáveis macroeconômicas como: taxa de juros, taxa de câmbio, inflação, desemprego, exportações, importações, instabilidade política.

Guidini *et al.* (2007), analisou 111 empresas dos principais setores da economia brasileira, e, encontrou evidências que as variáveis macroeconômicas influenciam a lucratividade de empresas. De acordo com o autor os impactos dessa influência variam no tempo, podendo ser sentidos imediatamente, com três meses ou mais de defasagem. Mudanças na taxa de câmbio, juros, inflação, exportações e importações, além de crescimento externo, foram algumas das variáveis reveladas no estudo como importantes para a margem líquida da empresa.

A variável macroeconômica PIB pode ser utilizada para avaliar, por exemplo, como os indicadores econômico-financeiros se comportam mediante ciclo econômicos. O

setor de árvores para fins industriais no Brasil, de acordo IBÁ (2018), é responsável por 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial, com receita bruta de R\$ 71,1 bilhões em 2017, e exportações de US\$ 8,9 bilhões, ocupando apenas 0,9% do território nacional. Esses dados ratificam ainda mais a importância do setor na economia nacional.

A variável taxa de câmbio pode ser usada para avaliar como os indicadores econômico-financeiros reagem à valorização ou desvalorização do Real frente ao Dólar. Segundo Tavares (2007), a taxa de câmbio é uma das variáveis que mais afeta o desempenho de empresas, sendo as importadoras afetadas negativamente pela desvalorização do real frente ao dólar, e as exportadoras sendo impactadas positivamente em um primeiro momento. No entanto, caso as exportadoras apresentem ativos no exterior ou dependam de insumos importados atrelados ao dólar, também serão afetadas negativamente. A Figura 2 (Saldo da Balança Comercial Celulose), mencionado anteriormente, feito com base nos dados divulgados pelo IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores), mostra os dados de importações, exportações e o saldo em milhões de dólares da indústria do papel e celulose no Brasil de 2003 a 2016, mostrando como a indústria pode ser afetada com a variação cambial.

A variável macroeconômica Taxa SELIC, é a taxa básica de juros brasileira, serve de base para todas as outras taxas de mercado, podendo ser utilizada para avaliar como os indicadores econômico-financeiros reagem mediante as mudanças nas taxas de empréstimos, financiamento e recebimentos a prazo. Medeiros (2011) analisou as demonstrações financeiras da empresa Petrobras, utilizando variáveis endógenas ao balanço financeiro, como o PIB brasileiro, taxa de juros interna e externa, o preço internacional do petróleo, a taxa de câmbio e o risco-país. Ao realizar esse modelo econométrico, o autor afirma que, apesar da empresa escolhida para o estudo, o modelo pode ser generalizado para representar as demonstrações financeiras de qualquer empresa. Com isso, Medeiros *et al.* (2011) concluiu que a taxa de juros doméstica tem um impacto direto sobre os ativos e passivos financeiros da empresa, bem como sobre as receitas e despesas financeiras, referindo-se, respectivamente, aos recebíveis e pagáveis e aos empréstimos e financiamentos na moeda do país. O PIB, ainda de acordo com Medeiros *et al.* (2011), é citado como o principal indicador da atividade econômica de um país, e afeta diretamente a Receita Líquida de uma empresa, expressando o valor da produção do país, durante um período determinante.

Por fim, a variável que mede a inflação – IPCA, pode ser usada para avaliar como os indicadores econômico-financeiros reagem ao aumento ou a queda dos preços da economia. Os estudos de Paredes (2017), utilizaram dados de empresas listadas na Bovespa, durante os anos de 1995 a 2013, além do Modelo Ohlson (MO), relacionando as variáveis: PIB per capita, taxa SELIC, Índice de Preços ao Consumidor Amplo - IPCA, Taxa de Câmbio e Risco. Por meio dos resultados da regressão, verificou-se que o IPCA se mostrou estatisticamente significativo para o cálculo do comportamento do valor de mercado das empresas de determinados setores.

## 2.4 Coleta de dados e software utilizado

Os dados utilizados neste artigo dividem-se em dois grupos: indicadores econômico-financeiros e variáveis macroeconômicas. Os indicadores econômico-financeiros foram calculados a partir das demonstrações contábeis disponibilizadas pelas empresas do setor em seus sites. As variáveis macroeconômicas taxa de câmbio e taxa de juros SELIC foram coletadas no site do Banco Central do Brasil - BACEN e as variáveis macroeconômicas PIB e IPCA foram coletadas no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Os dados possuem periodicidade trimestral e a janela de análise compreende o primeiro trimestre de 2002 ao terceiro trimestre de 2017, totalizando 63 semestres.

O *software* utilizado para aplicação das Redes Neurais Artificiais foi o *R-Project*. O pacote *neuralnet* forneceu uma ótima ferramenta para aplicação do modelo proposto neste artigo pois permite configurações flexíveis através de escolha personalizada de erro e função de ativação.

## 3 | TESTE DE TODA E YAMAMOTO (1995)

Para averiguar se existe dependência entre variáveis macroeconômicas e o desempenho econômico-financeiro do setor de papel e celulose brasileiro no período de 2002 a 2017 utilizamos o teste de causalidade seguindo a metodologia de Toda e Yamamoto (1995). De acordo com Fochezatto *et al.* (2010), o teste pode ser utilizado em sistemas cointegrados, sem a necessidade de pré-testes de raiz unitária, permitindo, também, que as variáveis possuam ordens de integração distintas.

Segundo Morrone (2014), o teste de Toda e Yamamoto inclui, basicamente, quatro passos. Primeiro, deve-se definir o número de defasagens  $h$  segundo a ordem máxima de integração do modelo VAR (vetores Auto-Regressivos) a ser aplicado; o próximo passo consiste na estimação direta de um VAR em níveis para as variáveis analisadas; e, por fim, a última etapa envolve a realização do teste de restrições de Wald nos  $k$  primeiros parâmetros a fim de examinar a hipótese de não causalidade de Granger.

A aplicação do procedimento de Toda e Yamamoto, segundo Fochezatto *et al.* (2010), envolve três passos. O primeiro é a definição do número ótimo de defasagens (?) e da ordem máxima de integração do sistema (?). O segundo é a estimação de um VAR em níveis com um total de (?) defasagens, conforme a seguir:

$$y_t = \mu + \sum_{i=1}^{p+m} \alpha_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+m} \beta_i x_{t-i} + u_{1t} \quad (1)$$

$$x_t = \mu + \sum_{i=1}^{p+m} \gamma_i x_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+m} \delta_i y_{t-i} + u_{2t} \quad (2)$$

onde  $\mathbf{y}_t$  representa o índice de desempenho econômico-financeiro; são as

variáveis macroeconômicas; é uma constante; é um termo de erro assumido como ruído branco,  $\sim (0, \sigma^2)$  e sem autocorrelação; o subscrito  $t$  refere-se ao período e  $i$  denota a defasagem ou *lag* ( $i = 1, \dots, m$ ).  $m$  é a ordem máxima de integração da variável no sistema e o comprimento ótimo de defasagem de  $m_1$  e  $m_2$ .

Para determinar a ordem máxima de integração  $m$  utilizamos a função *var.select* do pacote *vars* habilitado no *software* o *R-Project*. A função retorna critérios de informação e erro de predição final para o aumento sequencial da ordem de atraso até um processo VAR ( $p$ ), que se baseia no mesmo tamanho de amostra. Utilizamos os critérios de Akaike, de Schwartz e de Hannan-Quinn para decidir a defasagem máxima dos modelos VARs aplicados.

O terceiro passo é a aplicação do teste de restrições de Wald nos  $m$  primeiros coeficientes para testar a hipótese de não-causalidade. Isto é, haverá causalidade de  $i$  para  $j$  se a hipótese  $H_0$ :

$\alpha_{ij} = 0$  for rejeitada e a hipótese  $H_1: \alpha_{ij} \neq 0$  não for rejeitada.

## 4 | REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

As Redes Neurais (RN) constituem-se num método de resolver problemas de inteligência computacional, construindo um sistema que simula o cérebro humano e, deste modo, reproduz suas características, como por exemplo, o aprendizado, a associação e a generalização. De acordo com Ferneda (2006), Redes Neurais instituem um campo da ciência da computação ligado à inteligência artificial, buscando implementar modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas.

Segundo Fayal (2008), as RNAs representam uma importante técnica estatística não-linear capaz de resolver uma gama de problemas complexos. Por isso, são modelos úteis em situações que não é possível definir explicitamente uma lista de regras.

A utilização das RNAs na previsão de séries temporais procura responder a seguinte questão: dados os valores conhecidos da série, é possível obter um preditor capaz de estimar valores futuros. Assim, a rede precisa extrair durante o seu treinamento as auto correlações presentes na série de dados, conduzindo um mapeamento das entradas em cada instante com as respectivas saídas em instantes futuros (Von Zuben, 2003).

Existem diversos estudos sobre o uso de inteligência computacional para predição de séries temporais. Bebarta *et al.* (2015) apresentam um modelo de redes neurais recorrentes utilizando indicadores técnicos para prever preços futuros no mercado de ações indiano. Pommerenzenbaum (2014) através de Redes Neurais Artificiais propõe um modelo de predição do índice Ibovespa. Jaybhay *et al.* (2012) propõem um modelo para prever o preço de fechamento diário do índice BSE (BSE *Stock Index*)

combinando dados de preço e notícias em uma rede neural *feed-forward* obtendo resultados com alta precisão.

A unidade básica de uma Rede Neural é o neurônio artificial, este processa suas entradas por meio da soma ponderada pelos pesos ou parâmetros da rede e uma função de ativação, maiores informações em Gurney (1997) e em Ortega (2008). As redes neurais artificiais se diferenciam pela sua arquitetura e pela forma como os pesos associados às conexões são ajustados durante o processo de aprendizado, essa arquitetura depende do tipo de problema no qual a rede será utilizada. (FERNEDA, 2006).

A modelagem de uma rede neural passa pelo seguinte processo: Inicialmente é apresentada à rede um conjunto de dados. Esta fase é chamada de treinamento e, neste momento, ocorre o processo de aprendizado através de um ajuste contínuo dos pesos sinápticos. Posteriormente, a rede deve ser testada, apresentando os padrões nunca vistos por ela e avaliado o seu desempenho.

Nas previsões as entradas da rede podem ser valores conhecidos da própria série e/ou outras variáveis independentes e exógenas. Assim, de acordo Zhang (2004), as RNAs são capazes de aproximar complexas relações funcionais entre os dados, encontrando correspondências tanto com modelos explanatórios, quanto modelos puramente de séries temporais, ou mesmo uma combinação de ambos.

#### 4.1 Arquitetura Adotada

A arquitetura de rede MPL (*Multi-Layer Perceptron*) foi utilizada neste artigo. Um MLP é composto tipicamente de uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída. Tem uma arquitetura do tipo *feedforward*, isto é, caracterizadas pelo sentido de propagação dos dados e pela estrutura de interconexão. Nesta rede, os dados são propagados da entrada para a saída e não existem conexões entre neurônios da mesma camada ou de camadas anteriores (Pasquotto, 2010).

A aprendizagem da RNA ocorre em duas fases (Rumelhart, 1986), na primeira um padrão de entrada é apresentado aos neurônios e o seu efeito se propaga através da rede, camada por camada, produzindo uma saída da rede. A saída da rede é subtraída de uma saída desejada produzindo o erro. Então, esse erro é retro propagado para trás ajustando os pesos sinápticos.

Neste artigo, procurou-se estimar o desempenho dos indicadores econômico-financeiro através de dois modelos, um apenas utilizando o passado dos próprios indicadores e outro utilizando, adicionalmente, variáveis macroeconômicas. Como pode ser visto:

$$\text{Ind}_t = f(\text{Ind}_{t-1}) \quad (3)$$

$$\text{Ind}_t = f(\text{Ind}_{t-1}, \text{PIB}_t, \text{Juros}_t, \text{Câmbio}_t, \text{IPCA}_t) \quad (4)$$

No modelo (3) o indicador econômico-financeiro depende apenas do seu



passado. No modelo (4), além de depender do seu passado depende de quatro variáveis macroeconômicas contemporâneas, são elas: O Produto Interno Bruto, a taxa de juros, representada pela taxa SELIC, a taxa de câmbio Real/Dólar e a inflação, representada pelo IPCA.

Os parâmetros envolvidos na definição de uma rede MLP vão desde o número de camada intermediárias, o número de neurônios nessas camadas, a definição de funções de ativação até o algoritmo de treinamento. Neste caso, utilizamos apenas uma camada escondida e variamos de 1 até 7 o número de neurônios nessa camada. Para as funções de ativação usamos a *tansig* (*Hyperbolic tangent sigmoid*) e a *logsig* (*Logarithmic sigmoid*). E, para o algoritmo de treinamento empregamos o *traingdx* (*Gradient descent backpropagation com momentum e taxa adaptativa*).

As configurações finais de cada rede basearam-se na escolha das métricas MAD, MAPE e RMSE as redes que apresentaram as menores métricas foram utilizadas. A época igual a 3.000 e o erro para o treinamento próximo a 2%.

## 4.2 Métricas para comparação dos modelos adotados

Ao se projetar os valores históricos é possível comparar os valores reais com os valores estimados. Essa comparação fornece o nível de erro da previsão gerado pelo modelo ao se projetar os dados históricos. A partir desse erro é possível calcular métricas para medir o desempenho do modelo e comparar resultados de diferentes métodos.

Existem diversas medidas, neste artigo, utilizamos o MAD (Mean Absolute Deviation), o MAPE (mean absolute percentual erro) e o RMSE (Root Mean Square Error). o MAD representa o desvio padrão do ajuste em relação à média nas mesmas unidades dos dados.

$$MAD = \frac{\sum_{k=1}^N |a_k - y_k|}{n} \quad (5)$$

No qual,  $n$  é o número de previsões realizadas,  $a_k$  é a saída desejada para a previsão índice  $k$  e  $y_k$  é a saída prevista para a previsão índice  $k$ . O MAPE é uma medida de precisão expressa em porcentagem através da seguinte fórmula:

$$MAPE = \frac{\sum_{k=1}^N |a_k - y_k|}{\frac{a_k}{N}} \times 100\% \quad (6)$$

Onde,  $N$  é o número de previsões realizadas,  $a_k$  é a saída desejada para a previsão índice  $k$  e  $y_k$  é a saída prevista para a previsão índice  $k$ .

O RMSE faz um cálculo semelhante ao MAPE para o erro quadrático conforme pode ser visto abaixo,

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N |a_k - y_k|^2}{\frac{a_k}{N}}} \quad (7)$$

Esta métrica penaliza muito mais os erros maiores. Desta forma, uma técnica que apresenta ótimos resultados na maioria das previsões, porém tenha erros elevados em uma previsão específica, irá fornecer um alto RMSE.

## 5 | RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis analisadas no artigo. Para cada série contendo as variações dos indicadores do setor de papel e celulose apresentamos a variação máxima e a mínima do indicador no período (julho de 2002 a novembro de 2017) a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Grupo	Indicador	Máximo	Mínimo	Média	Desvio-Padrão	Coeficiente de Variação
Endividamento	Índice de cobertura de juros	458%	-593%	-16%	143%	-920%
	Exigível total dividido pelo ativo total	10%	-21%	0%	5%	1799%
	Exigível total sobre o Patrimônio líquido	63%	-53%	2%	18%	898%
	Imobilização do Patrimônio Líquido	47%	-34%	1%	12%	1678%
	Grau de Aplicação Financeira	240%	-87%	1%	51%	8397%
Liquidez	Liquidez Geral	60%	-16%	1%	10%	1155%
	Liquidez Corrente	47%	-26%	2%	13%	619%
	Liquidez Seca	47%	-34%	2%	14%	602%
Atividade	Prazo Médio de Estocagem	25%	-20%	0%	8%	1798%
	Prazo Médio de Pag. Fornecedores	65%	-39%	2%	17%	903%
	Prazo Médio Recebimento de vendas	361%	-30%	7%	47%	682%
	Ciclo Financeiro	79%	-35%	3%	19%	631%
	Ciclo Operacional	49%	-20%	1%	10%	703%
Desempenho e lucratividade	Giro do Ativo	426%	-34%	8%	58%	696%
	Margem Líquida	270%	-395%	-4%	106%	-2669%
	Rentabilidade do Ativo	799%	-273%	23%	173%	761%
Variáveis Macroeconômicas	Taxa de Câmbio	30%	-12%	1%	8%	1203%
	PIB	8%	-7%	3%	4%	149%
	Juros (SELIC)	39%	-23%	-1%	1%	-130%
	Inflação (IPCA)	7%	0%	2%	1%	65%

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis.

Fonte: Criação própria a partir dos dados disponibilizados pelas empresas do setor em seus sites, pelo BACEN e pelo IPEA.

De acordo com a Tabela 1, o setor apresentou variação média da Margem Líquida de -4%, indicando que o setor apresentou desempenho médio estável no período analisado. O setor apresentou variação do Ciclo Financeiro médio no período de 3% e desvio padrão de 19%, revelando certa estabilidade no poder de negociação das

empresas que compõem o setor com seus fornecedores. O Índice de Rentabilidade do Ativo revelou crescimento máximo de 799% e mínimo de 273%. Neste período o setor apresentou grande variabilidade na eficiência da aplicação de ativos. Com relação às variáveis macroeconômicas, como pode ser visto na Tabela 1, a Taxa de Juros apresentou na média queda de 1% com desvio padrão de 1%. A Taxa de Câmbio, o PIB e a Inflação apresentaram crescimento médio no período analisado, 1%, 3% e 2%, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta os p-valores do teste de Toda e Yamamoto (1995). O referido teste foi aplicado com a finalidade de averiguar a dependência entre variáveis macroeconômicas e o desempenho econômico-financeiro do setor de papel e celulose brasileiro no período de 2002 a 2017.

Índices Econômicos Financeiros Taxa de Câmbio		Variáveis Macroeconômicas			
		PIB	Juros (SELIC)	Inflação (IPCA)	
Endividamento	Índice de cobertura de juros	0,220	0,600	0,000	0,002
	Exigível total dividido pelo ativo total	0,000	0,045	0,000	0,006
	Exigível total sobre o Patrimônio Líquido	0,043	0,000	0,040	0,013
	Imobilização do Patrimônio Líquido	0,001	0,000	0,000	0,000
	Grau de Aplicação Financeira	0,038	0,000	0,000	0,000
Liquidez	Liquidez Geral	0,000	0,510	0,000	0,000
	Liquidez Corrente	0,730	0,014	0,001	0,000
	Liquidez Seca	0,000	0,000	0,000	0,001
Atividade	Prazo Médio Estoques(dias)	0,001	0,400	0,000	0,000
	Prazo Médio Fornecedores(dias)	0,042	0,002	0,016	0,000
	Prazo Médio Recebimento (dias)	0,001	0,001	0,000	0,001
	Ciclo Financeiro (dias)	0,380	0,000	0,001	0,000
	Ciclo Operacional (dias)	0,019	0,700	0,130	0,000
Desempenho e Lucratividade	Giro do Ativo	0,000	0,002	0,000	0,048
	Margem líquida	0,048	0,000	0,000	0,000
	Rentabilidade do Ativo	0,005	0,000	0,009	0,001

Tabela 2- P-valores do teste de Toda e Yamamoto (1995)

Fonte: Criação própria a partir dos dados disponibilizados pelas empresas do setor em seus sites, pelo BACEN e pelo IPEA.

Como pode ser visto na Tabela 2, as variáveis macroeconômicas que se mostraram relacionadas ao

Índice de Cobertura de Juros<sup>3</sup> foram a taxa SELIC e a inflação. Vale ressaltar que: (i) a Taxa SELIC é a taxa básica de juros da economia, logo todas as outras taxas estão, de certa forma, relacionadas a ela e (ii) a Taxa SELIC é um instrumento de política monetária utilizado pelo governo para conter a inflação. Portanto, o resultado do teste corrobora com as nossas expectativas de que essas duas variáveis estejam relacionadas ao índice de cobertura de juros.

3. O índice de cobertura de juros mede a capacidade de a empresa honrar com seus pagamentos contratados.

De acordo com o p-valor encontrado, para os outros índices de endividamento, todas as variáveis macroeconômicas testadas (Câmbio, PIB, Juros e Inflação) apresentaram p-valor menor do que 0,05. Logo, para a estimação e previsão dos índices de endividamento podemos utilizar as quatro variáveis macroeconômicas acima referenciadas.

Ao utilizar o teste de Toda e Yamamoto (1995) para identificar a existência de relação entre o Índice de Liquidez Geral e as variáveis macroeconômicas, constatamos que as variáveis Câmbio, Juros e Inflação apresentaram p-valores próximos de zero, o que indica a possível dependência do índice de liquidez a estas variáveis. O resultado do teste corroborou com nossas expectativas, visto que o índice mede o quanto a empresa dispõe de realizáveis (a curto e longo prazo) para cobrir cada unidade monetária de dívidas contraídas (a curto e longo prazo). Como supracitado, as dívidas estão relacionadas com os juros e dependendo da empresa podem estar atreladas às taxas de câmbio.

O teste também revelou que as variáveis PIB, Inflação e Taxa de Juros são relevantes para a estimação e previsão do Índice de Liquidez Corrente. Sabe-se que a Inflação, a recessão, a expansão da economia e a taxa básica de juros pode influenciar a demanda e a oferta dos bens produzidos por uma empresa. Dado que o Índice de Liquidez Corrente contempla informações sobre estas variáveis podemos ratificar o resultado do teste.

Com relação ao Prazo Médio de Estoques, constatou-se a dependência das seguintes variáveis: Taxa de Câmbio, Inflação e Taxa de Juros. Visto que o Prazo Médio de Estocagem calcula o prazo médio que os produtos ficam parados no estoque ao longo do ano. Supõe-se, a princípio, que a Taxa de Câmbio, Inflação e Taxa de Juros podem influenciar o fluxo de vendas da empresa e consecutivamente o estoque da mesma. Logo, o resultado do teste nos parece bastante consistente.

Ao utilizar o teste de Toda e Yamamoto (1995) para identificar se existe alguma relação entre o Ciclo Financeiro e as variáveis macroeconômicas constatamos que as variáveis PIB, Juros e Inflação apresentaram p-valores iguais ou próximos de zero. Cabe ressaltar que o ciclo financeiro é o tempo entre o pagamento a fornecedores e o recebimento das vendas. Neste processo de comprar a matéria-prima, produzir, vender e receber o valor dos seus clientes a empresa pode ser influenciada pela taxa de juros, por exemplo, esta pode ser importante para a decisão do comprador em pagar à vista ou parcelar suas compras. O PIB e a Inflação podem influenciar na postergação da compra do consumidor final, elevando o tempo de venda do produto e consecutivamente do recebimento. Portanto o resultado do teste corrobora com nossas expectativas.

De acordo com as simulações realizadas, as variáveis Taxa de Câmbio e Inflação são relevantes para a estimação e previsão do Ciclo Operacional. O fato das empresas do setor de papel e celulose serem empresas exportadoras justifica a dependência da variável Taxa de Câmbio. Como anteriormente mencionado, a inflação é uma variável

chave para a decisão dos demandantes de bens e serviços no geral.

Como pode ser visto na Tabela 2, todas as variáveis macroeconômicas utilizadas neste trabalho mostraram-se relevantes para a previsão e estimação dos Índices de Desempenho e Lucratividade. Vale ressaltar que esses indicadores medem a lucratividade e o desempenho que a empresa apresenta em um determinado período. Presumimos, de acordo com todas as justificativas acima descritas, que para esses indicadores de lucratividade e desempenho a Taxa de Câmbio, o PIB, as Taxas de Juros e a Inflação fossem relevantes, visto que os Índices de Desempenho e Lucratividade são indicadores finais do processo de fabricação, estocagem, vendas e recebimentos.

Após a realização dos testes dos autores já citados anteriormente, utilizamos as RNAs para modelar os índices econômico-financeiros em conjunto com as variáveis macroeconômicas selecionadas. Para o treinamento da Rede Neural utilizamos as 30 primeiras observações, posteriormente, para avaliar o desempenho das redes neurais utilizamos o restante da série formada pelas variações dos índices de desempenho-financeiro e das variáveis macroeconômicas. A Tabela 2 apresenta as medidas de erro para os dois modelos aplicados, o primeiro modelo utiliza apenas o passado dos próprios indicadores (Equação 3) e outro (Equação 4) utiliza, adicionalmente, as variáveis macroeconômicas.

Grupo	Indicador	Medidas de erro					
		MAD	RMSE	MAE	MAD	RMSE	MAE
		Modelos sem variáveis macroeconômicas			Modelos com variáveis macroeconômicas		
Endividamento	Índice de cobertura de juros	47,7%	23,6%	74,0%	18,7%	21,1%	54,9%
	Exigível total dividido pelo ativo total	2,9%	1,3%	4,5%	2,1%	1,2%	3,4%
	Exigível total sobre o Patrimônio Líquido	10,1%	3,2%	11,2%	5,3%	3,3%	9,8%
	Imobilização do Patrimônio Líquido	9,4%	11,8%	26,6%	7,9%	10,8%	23,0%
	Grau de Aplicação Financeira	10,9%	11,3%	25,8%	8,0%	11,2%	23,3%
Liquidez	Liquidez Geral	3,0%	2,6%	7,5%	2,5%	2,3%	5,4%
	Liquidez Corrente	9,4%	2,4%	9,0%	3,5%	1,6%	6,0%
	Liquidez Seca	8,7%	2,6%	9,6%	8,3%	2,3%	8,6%
Atividade	Prazo Médio de Estocagem	6,6%	2,5%	9,2%	1,0%	0,1%	1,4%
	Prazo Médio de Pag. Fornecedores	8,8%	5,2%	15,7%	7,3%	4,1%	12,2%
	Prazo Médio Recebimento de vendas	6,7%	2,2%	8,0%	6,1%	1,8%	7,0%
	Ciclo Financeiro	10,5%	3,4%	14,7%	7,2%	3,2%	11,0%
	Ciclo Operacional	5,2%	2,1%	7,6%	3,0%	0,9%	4,1%
Desempenho e lucratividade	Giro do Ativo	21,2%	8,5%	30,6%	2,8%	4,8%	17,7%
	Margem Líquida	53,7%	27,8%	87,9%	45,6%	27,5%	84,5%
	Rentabilidade do Ativo	114,8%	62,4%	198,3%	63,4%	60,6%	172,3%

Tabela 3 - Medidas de erro calculadas a partir dos erros de previsão obtidos pelas Redes Neurais.

Fonte: Criação própria a partir dos dados disponibilizados pelas empresas do setor em seus sites, pelo BACEN e pelo IPEA.

Conforme a Tabela 3, para a grande maioria das variações dos índices de desempenho econômico-financeiro as variáveis macroeconômicas trouxeram melhoras no desempenho das redes neurais, diminuindo os erros de previsão. Nesses casos as três medidas de erro (MAD, RMSE E MAE) apresentaram queda, na comparação com as medidas calculadas utilizando os erros provenientes da rede com apenas uma entrada (a própria série defasada um período). Para todas as variações dos índices de desempenho econômico-financeiro, pelo menos duas das três medidas de aderência foram melhores para a rede que utilizaram as variáveis macroeconômicas em suas entradas. Cabe ressaltar que para a evolução do Índice de Cobertura de Juros, da Margem Líquida e da Rentabilidade do Ativo as redes neurais aplicadas apresentaram medidas de erro elevadas, logo exige um pouco mais de cuidado na análise.

Para o setor de papel e celulose brasileiro, no período estudado, constatamos que o desempenho das variáveis macroeconômicas se mostrou significativo para prever as variações dos índices econômicos financeiros. Os resultados obtidos atestam os apresentados nos artigos de Guidini (2007), de Santos (2008), de Costa (2011) e de Medeiros *et al.* (2011).

## 6 | CONCLUSÃO

O setor de papel e celulose é fundamental na economia brasileira. Os diferenciais que possuímos em relação ao tempo de ciclo e produtividade, fazem do país um dos principais territórios para o desenvolvimento dessa indústria, essencial no mundo contemporâneo.

Os indicadores econômicos financeiros nos situam em relação ao panorama de uma empresa. Quando dispostos em séries temporais revelam a evolução de uma corporação ao longo do tempo, fornecendo dados para que a análise seja mensurável.

O teste de causalidade seguindo a metodologia de Toda e Yamamoto (1995), utilizado para averiguar a existência de dependência entre variáveis macroeconômicas e o desempenho econômico financeiro do setor de papel e celulose brasileiro no período de 2002 a 2017, mostrou-se de extrema relevância, visto que, ao levarmos em consideração nas entradas das Redes Neurais Artificiais (RNAs) apenas as variáveis macroeconômicas indicadas pelo teste, as medidas de erro apresentaram diminuição, comparado às medidas quando utilizamos todas as variáveis macroeconômicas, provando assim a importância do teste de dependência proposto por Toda e Yamamoto (1995).

As Redes Neurais utilizadas como predição podem ser uma importante ferramenta, já que os erros exibidos neste estudo em poucos indicadores excederam 10%. Ou seja, ao compararmos os índices reais com os previstos pela rede neural, a diferença foi pequena na maioria das comparações, ratificando a eficácia das RNAs para a antecipação de cenários. As exceções foram Rentabilidade do Ativo, Índice de

Cobertura de Juros e Margem Líquida, que merecerão uma análise mais detalhada em trabalhos futuros.

Quanto ao objetivo principal deste artigo, atestou-se que os 16 índices de desempenho econômicos financeiros analisados pelas redes neurais tiveram um melhor desempenho quando utilizaram adicionalmente PIB, Taxa SELIC, IPCA e Taxa de Câmbio em suas entradas. Os resultados obtidos corroboram com os apresentados por Guidini (2007), Santos (2008), Costa (2011) e Medeiros *et. al* (2011).

## REFERÊNCIAS

ADAMOWICZ, Elizabeth Cristina; SAMPAIO, Maria Eugênia de Carvalho e Silva; BARBOZA, Angela Olandoski. Reconhecimento padrões na análise econômico-financeira de empresas. **Anais ENEGEP, XXII**, Curitiba, 2002.

ATHAR, Raimundo Aben. **Introdução à contabilidade**. 1 ed. São Paulo: Pearson, 2005.

*BEBARTA, Dwiti Krishna.; Biswal, Birendra; DASH, Pradipta Kishore. Polynomial based functional link artificial recurrent neural network adaptive system for predicting indian stocks. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v.8, n.6, p.1004-1016, 2015.*

BERTO, Maria Eduarda Gouvêa. **Determinantes da Estrutura de Capital de Empresas Brasileiras: Uma análise de dados em painel (2004-2006) discriminando entre as maiores e menores empresas da BOVESPA**. Rio de Janeiro: PUC- Rio, 2007. 114 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

BIAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. **Panorama de Mercado: Celulose**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010.

BLATT, Adriano. **Análise de Balanços – Estrutura e Avaliação das Demonstrações Contábeis**. 1 ed. São Paulo: Makron Books, 2001.

CARVALHAES, Elizabeth de. **Florestas e Cidades sustentáveis**. Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). Brasília, 2018. <<http://iba.org/pt/9-conteudo-pt/829-florestas-e-cidades-sustentaveis>>. Acesso em 25 abr. 2018.

COELHO, Maritzel Fuentes; COELHO, Márcio Henrique. Panorama da Indústria de celulose e papel no Brasil: 2001 a 2011. Curitiba: **Revista Floresta**, v. 43,n. 3, p. 463 – 474, jul. / set. 2013.

COSTA, Giovanni Pacelli Carvalho Lustosa da; SCHMITT, Fernando Oscar; LEITE FILHO, Paulo Amilton Maia e SILVA, César Augusto Tibúrcio O reflexo das variáveis macroeconômicas no nível de caixa evidenciado pelas empresas brasileiras listadas na Bovespa. **Anais Congresso ANPCONT, V**, Vitória, ES, 2011.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS. **Informações Setoriais: Papel e Celulose**. São Paulo, 2018. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_papel\\_e\\_celulose.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf)> Acesso em: 15 jan. 2018.

DIAS, Luiz Guilherme. **Setor de Papel e Celulose: Crescimento extraordinário de mais de 1.000% nos resultados líquidos**. Rio de Janeiro: SABE, 2016. Disponível em:<<http://www.sabe.com.br/blog/detalhe/setor-de-papel-e-celulose-crescimento-extraordinario-de-mais-de-1-000-nos-resultados-liquidos>> Acesso em: 22 jan. 2018.

DUARTE, Antônio Marcos Júnior. Risco: definições, tipos, medição e recomendações para o seu

gerenciamento. *Gestão de risco e derivativos: aplicações no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2001.

EDAFOTRIMÁTICO. **Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico**. Porto: Porto Editora, 2003-2018. Disponível em: <<https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/edafotrimático>> . Arquivo capturado em 17 de janeiro de 2018.

FAYAL, Marcelo Alfredo de Assis. **Previsão de vazão por redes neurais artificiais e transformada wavelet**. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FERNEDA, Edberto. Redes neurais e sua aplicação em sistemas de recuperação de informação. **Ciência da Informação. Brasília**, v. 35, n. 1, p. 25-30, Brasília, 2006.

FISCHMANN, Adalberto; ZILBER, Moisés Ari. Utilização de indicadores de desempenho como instrumento de suporte à gestão estratégica. **Anais Encontro da ANPAD, XXIII**, Foz do Iguaçu, 1999.

FOCHEZATTO, Adelar; KOSHIYAMA, Daniel; ALENCASTRO, Denilson. Testando relações de causalidade entre comércio externo e crescimento econômico em países da América Latina: Evidências de dados em painel e séries temporais. **Revista Economia**, v.11, n. 3, p. 597-629, Brasília, 2010.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson, 2009.

GITMAN, Lawrence J.. **Princípios de administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson, 2004.

GUIDINI, Marilene Bertuol; BONE, Rosemarie Broker; RIBEIRO, Eduardo Pontual. O impacto do macroambiente sobre o resultado econômico em empresas brasileiras. **Anais ENEGEP, XXVII**, Foz do Iguaçu, 2007.

GURNEY, Kevin. **An Introduction to Neural Networks**. London: UCL Press. 1997.

HORA, André Barros da; MELO, Luciane Paiva D'Avila. **Papel e celulose** In: Panoramas setoriais: mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Celulose**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://iba.org/pt/produtos/celulose>>. Acesso em 16 de jan. 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Exportações do setor superam US\$7 bilhões até outubro de 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://iba.org/pt/9-conteudo-pt/821-exportacoes-do-setor-superam-us-7-bilhoes-ate-outubro-de-2017-10-9>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

IUDÍCIBUS, Sérgio de. Análise de balanço, **Análise da Liquidez e do Endividamento Análise do Giro, Rentabilidade e Alavancagem Financeira**. 11 edição. São Paulo, Atlas, 2017.

IUDÍCIBUS, Sérgio de; MARION, José Carlos. **Curso de contabilidade para não contadores – Para as áreas de administração, economia, engenharia e direito**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2011

JAYBHAY, K. M.; ARGIDDI, R. V. & APTE, S. S. (2012). *Stock market prediction model by combining numeric and news textual mining*. **International Journal of Computer Applications**. v.57, n.19, p.16–22, 2012.

PEREZ, José Hernandez Júnior; BEGALLI, Glauco Antônio. **Elaboração e análise das demonstrações financeiras**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2015.

MARION, José Carlos. **Análise das demonstrações contábeis, contabilidade empresarial**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2012.



- MARQUES, José Augusto Veiga da Costa; JÚNIOR, João Bosco Carneiro Arbués and KUHL, Carlos Alberto. **Análise Financeira das empresas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2015.
- MATARAZZO, Dante Carmine. **Análise financeira de balanços: abordagem básica e gerencial**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- MCGAHAN, Anita M.; PORTER, Michael Eugene. *What do we know about variance in accounting profitability?*. **Management Science**, n.48, v.7, p.834-851, USA, 2002.
- MEDEIROS, Otávio Ribeiro de; NAZAR VAN DOORNIK, Bernardus Ferdinandus; OLIVEIRA, Gustavo Rezende de. Modelando e Estimando as Demonstrações Financeiras de uma Empresa com o Modelo VAR-VECM. **BBR-Brazilian Business Review**, Vitória, v.8, n.3, p.20-40, jul./set. 2011.
- MORRONE, H. **A demanda e a lucratividade estimulam a acumulação de capital? Uma análise de causalidade de Granger para o Brasil**. 19 f. Texto para Discussão. Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- NASDAQ. **Acionistas anunciam fusão da Fibria com a rival Suzano**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.nasdaq.com/article/brazils-fibria-suzano-to-merge-creating-global-pulp-giant-20180316-00004>>. Acesso em 20 abr. 2018.
- ORTEGA, Gustavo Victor Chávez. **Redes neurais na identificação de perdas comerciais do setor elétrico**. 184 f.. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica-PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2008.
- OXELHEIM, Lars. *Macroeconomic variables and corporate performance*. **Financial Analysts Journal**, v.59, n.4, p.36-50, USA, 2003.
- PAREDES, Breno José Burgos; MARCOS Roberto Gois de Oliveira. O impacto dos fatores macroeconômicos e riscos sobre a mensuração do valor das empresas. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 13, n. 2, p. 43-64, 2017.
- PASQUOTTO, Jorge Luís Durgante. **Previsão de Séries Temporais no Varejo Brasileiro: uma investigação comparativa da aplicação de redes neurais recorrentes de Elman**. 198 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- POMMERANZENBAUM, I. R. (2014). **Redes neurais artificiais na predição das principais séries do índice ibovespa e suas aplicações em sistemas automatizados de negociação**. 114 p. Dissertação (Mestrado) - COPPE, Programa de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- PROCIANOY, Jairo Laser.; SCHONORREMBERGER, Adalberto. A Influência da Estrutura de Controle nas Decisões de Estrutura de Capital das Companhias Brasileiras. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v.58, n.1, jan./mar. 2004.
- REUTERS. **Acionistas anunciam fusão da Fibria com a Rival Suzano**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKCN1GS17Y-OBRBS>>. Acesso em 24 abr. 2018.
- REVISTA VEJA. **Fusão da Fibria e Suzano criará gigante mundial de celulose**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/fusao-da-fibria-e-suzano-criara-gigante-mundial-de-celulose/>>. Acesso em 25 mar. 2018.
- ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D.; LAMBA, Roberto. **Fundamentos de Administração Financeira** [Recurso Eletrônico]. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

RUMELHART, D. E. Hilton, G. E. Williams, R. J. *Learning internal representations by error propagation*. D. E. Rumelhart e J.L. McClelland (Eds). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition*. **MIT Press, Cambridge-ENG**, v.1, p.318-362, 1986.

SANTOS, Floriza Maria dos; TEIXEIRA, Arilton; COIMBRA, Paulo César; DALMÁCIO, Flávia Zóboli. Impacto das flutuações econômicas no desempenho das empresas: estudo intra-setorial sob a perspectiva da teoria dos ciclos econômicos. **Anais do Congresso ANPCONT**. Salvador, BA, Brasil, 2008.

SANTOS, Jéferson Rodrigues dos. **A dinâmica territorial das indústrias de celulose e papel: a expansão no Brasil e a incorporação do Rio Grande do Sul**. 308 f. Tese (Doutorado) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SAPORITO, Antonio. **Análise e Estrutura Das Demonstrações Contábeis**. 1 ed. Curitiba: Intersaberes, 2015.

TAVARES, Guilherme Aleixo; SHENG, Hsia Hua. Estimando a exposição cambial de empresas da Bovespa. **Anais do Encontro Brasileiro de Finanças**, São Paulo, 2007.

TODA, H.; YAMAMOTO, T.; *Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes*. **Journal of Econometrics**, v. 66, Issues 1–2, p. 225-250, 1995.

VIDAL, André Carvalho Foster; HORA, André Barros da. **A indústria de papel e celulose** In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais; A indústria de papel e celulose. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012.

VON ZUBEN, Fernando J. Uma caricatura funcional de redes neurais artificiais. *Learning and Nonlinear Models*. **Revista da Sociedade Brasileira de Redes Neurais**, v.1, n.2, p. 66-76, 2003.

ZHANG, G. Peter. A neural network ensemble method with jittered training data for time series forecasting. **Information Sciences**, v.177, p. 5.329-5.346, 2007.

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

### **Stéfan Thomassen Andrade**

Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Economia  
Belo Horizonte, MG

### **Mirela Castro Santos Camargos**

Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Gestão de Serviços de Saúde  
Belo Horizonte, MG

### **Marcos Antônio de Camargos**

Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração (CEPEAD-UFMG)  
Faculdade Ibmec de Minas Gerais, Curso de Administração, Economia e Ciências Contábeis  
Belo Horizonte, MG

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar se existe influência das expectativas de variáveis macroeconômicas divulgadas no Relatório Focus, publicado pelo Banco Central do Brasil, sobre os índices setoriais da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), considerando o período compreendido entre janeiro de 2009 e dezembro de 2016. Para as variáveis econômicas preditivas foi considerada a principal tabela divulgada Relatório Focus, sendo selecionada a mediana das previsões para o final do ano seguinte. Foi utilizado o modelo de regressão múltipla, com as estimações sendo realizadas por meio do modelo de Mínimos Quadrado

Ordinários (MQO). Os resultados mostraram que de fato existe uma influência das expectativas de variáveis macroeconômicas divulgadas no Relatório Focus sobre os índices setoriais ICON, IEE, IMAT e UTIL, considerado o período analisado, sendo este último (UTIL) apenas indícios. De maneira mais específica, constatou-se, em consonância com outras pesquisas da literatura nacional, uma relação estatisticamente significativa, com sinal negativo, para a variação da expectativa da taxa de câmbio e da taxa de juros e positivo (contrário ao esperado) com a variação na expectativa da produção industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índices Setoriais, Relatório Focus, Retornos, Expectativas, Variáveis Macroeconômicas.

**ABSTRACT:** This research aims to identify and analyze if there is influence of the expectations of macroeconomic variables disclosed in the Focus Report published by the Central Bank of Brazil on the sector indices of B3 (Brazil, Bolsa, Balcão), considering the period between January of 2009 and December of 2016. For the predictive economic variables, the main report published in the Focus Report was considered, and the median of the forecasts for the end of the following year was selected. The multiple regression model was used, with estimates being made using the Ordinary Least Squares

(OLS) model. The results showed that there is indeed an influence of expectations of macroeconomic variables disclosed in the Focus Report on the sectoral indexes ICON, IEE, IMAT and UTIL, considered the period analyzed, the latter being only indications. In a more specific way, a statistically significant relationship, with a negative sign, was found, in line with other national literature surveys, for the variation in the expectation of the exchange rate and the interest rate, and positive (contrary to expectations) with the variation in the expectation of industrial production.

**Keywords:** Sector Indicators, Focus Report, Returns, Expectations, Macroeconomic Variables.

## 1 | INTRODUÇÃO

As políticas macroeconômicas guardam relação estreita com o mercado de ações. Variações nessas políticas podem promover resultados diferentes daqueles esperados, alterando expectativas, influenciando a tomada de decisão dos agentes econômicos e investidores no mercado (BLANCHARD, 1981; CAMPBELL, 1993). No contexto do mercado financeiro e de capitais, as expectativas econômicas, formadas a partir da opinião de instituições e analistas econômicos sobre o comportamento futuro das variáveis macroeconômicas, representam um conjunto de dados e informações que são utilizados pelos agentes econômicos e investidores na precificação dos seus ativos financeiros, e por consequência na tomada de decisão.

Assim, o desempenho das empresas, principalmente de capital aberto, e, por consequência os índices das bolsas, criados para medir este desempenho, são influenciados por instabilidades e perturbações do cenário econômico e político. Esses índices cumprem três funções: 1. servem como indicadores da variação de preços dos ativos no mercado; 2. servem de *benchmark* para outras aplicações; e 3. atuam como ativo-objeto em contratos no mercado futuro (ASSAF NETO, 2014).

De maneira geral, um índice de bolsa serve como referência para mensurar o desempenho geral das ações que o compõem, sendo que seu nível depende das interações entre diferentes agentes e fatores econômicos. Assim, as ações que compõem os índices do mercado de ações estão sujeitas a riscos decorrentes do cenário macroeconômico, que causam flutuações no desempenho destes ativos e, consequentemente, nos índices.

No mercado brasileiro, além do Ibovespa, que é seu principal índice, a B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) calcula e disponibiliza outros índices setoriais, cuja importância está no fato de permitirem que gestores, investidores e empresários possam acompanhar o desempenho médio das empresas, servindo como *benchmarks* mais específicos para o mercado.

O objetivo deste trabalho é identificar se as expectativas macroeconômicas brasileiras divulgadas no Relatório Focus influenciam a precificação das ações de empresas que compõem principais índices setoriais da B3, considerando o período de

janeiro de 2009 até dezembro de 2016.

O Relatório Focus, divulgado toda segunda-feira pelo Banco Central, contém as expectativas de variáveis como produto interno bruto (PIB), produto industrial, índices de preços, câmbio entre outros. A pesquisa das expectativas é feita diariamente, utilizando as previsões de aproximadamente 120 instituições financeiras, sobre as principais variáveis econômicas. São divulgadas as medianas das previsões das instituições participantes e as médias e medianas das cinco instituições cujas expectativas mais acertaram (BACEN, 2016).

O artigo tem a seguinte estrutura, após essa introdução, a seção 2 apresenta o referencial teórico de suporte à pesquisa empírica. A metodologia e os resultados são apresentados nas seções 3 e 4, respectivamente. Encerra-se com as considerações finais na seção 5, seguidas das referências.

## 2 | REVISÃO DA LITERATURA

Sharpe (1964), com importantes contribuições de Lintner (1965) e Mossin (1966), desenvolveram o *Capital Asset Pricing Model – CAPM*, que se fundamenta na observação de que os aspectos do cenário econômico de um país influenciam de maneira não-diversificável o risco relacionado aos investimentos. Na perspectiva deste modelo, a diversificação proposta por Markowitz (1952), diminuiria o risco de um portfólio por meio de investimentos em ativos de diferentes empresas e setores. Dessa forma, na perspectiva do *CAPM*, o risco de um investimento não pode ser completamente diversificado. A diversificação permite que o investidor promova uma redução dos fatores de risco exceto aquele resultante de flutuações na atividade econômica, o qual persiste mesmo quando a combinação de ativos é eficiente. Nesse contexto, a análise dos fatores macroeconômicos assume papel relevante para o desempenho dos índices do mercado de ações, uma vez que os ativos e os investidores são afetados de uma maneira que não é passível de controle.

Assim, alterações nas variáveis macroeconômicas não antecipadas seriam capazes de influenciar os preços dos ativos no mercado, sendo algumas, em escala maior do que outras. Entretanto, existe um descompasso entre a importância teórica destas variáveis e a completa ignorância sobre os seus impactos efetivos nas expectativas dos agentes do mercado e investidores (CHEN; ROLL; ROSS, 1986).

Por exemplo, a política monetária interferiria nos preços de ativos de maneira direta por meio da taxa de juros, e de maneira indireta por meio da sua influência sobre os dividendos e o prêmio de risco, pela influência no grau de incerteza enfrentado pelos agentes econômicos. Desta forma, o impacto causado pelas variáveis macroeconômicas no preço dos ativos negociados em bolsa, e dos seus índices, pode ser observado com maior ou menor precisão, dependendo da variável analisada e suas alterações (BJØRNLAND e LEITEMO, 2009).

Existem tanto na literatura, tanto internacional, quanto nacional, pesquisas cujo

objetivo foi determinar e mensurar a influência de variáveis macroeconômicas sobre os índices das bolsas. Entretanto, as evidências empíricas ainda são inconsistentes entre si, e por este motivo, não permitem chegar a uma conclusão definitiva sobre como as mudanças macroeconômicas em geral interferem no desempenho desses índices.

O quadro 1 apresenta uma síntese das evidências empíricas da influência de variáveis macroeconômicas sobre o desempenho das empresas e dos índices das bolsas de valores, da literatura internacional.

Autor(es) Ano	Objetivo	Conclusão
Bjørnland e Leitemo (2009)	Analisar a relação entre preços de ativos a política monetária nos Estados Unidos.	Existe uma interação simultânea entre as taxas de juros e choques nos preços de ativos no mercado acionário norte-americano.
Shanken e Weinstein (2006)	Determinar quais variáveis influenciam a precificação dos ativos.	Apenas o fator de produção industrial se mostrou significativo para a determinação dos preços dos ativos.
Flannery e Protopapadakis (2002)	Verificar a relação entre variáveis macroeconômicas e o mercado acionário dos Estados Unidos.	A oferta monetária afeta a volatilidade e o retorno das ações, de forma positiva. A volatilidade é afetada pela balança comercial (negativamente) e pelo nível de emprego (positivamente). Os retornos apresentaram relação negativa e significativa para os índices de níveis de preços.
Lee (1992)	Analisar as relações entre retornos de ativos, taxas de juros, inflação e atividade econômica no período pós-guerra nos Estados Unidos.	Os retornos de ativos explicam fortemente a variação na atividade econômica e explicam pouco da variação na inflação. A taxa de juros explica fortemente a variação na inflação; e esta explica pouco da variação na atividade econômica. Não existe relação entre retornos das ações e inflação.
Chen, Roll e Ross (1986)	Determinar quais variáveis influenciam a precificação dos ativos, e que, conseqüentemente, seriam fonte do risco não-diversificável (risco sistemático).	Produção industrial, mudanças no prêmio de risco e na curva de produção se mostraram significantes na precificação. A inflação interfere de maneira mais fraca. Consumo <i>per capita</i> e a mudança no preço do petróleo não exercem efeitos significativos.

Quadro 1 - Evidências Empíricas na Literatura Internacional

FONTE - Elaborado pelos autores.

A influência das expectativas de variáveis macroeconômicas sobre índices de bolsa também é alvo de pesquisas na literatura nacional, conforme se observa no quadro 2.

Autor(es) Ano	Objetivo	Conclusão
Oliveira (2014)	Verificar se a volatilidade implícita do Ibovespa reflete o nível de incerteza dos analistas sobre premissas macroeconômicas.	Evidências de que há uma relação positiva entre aumento das incertezas das premissas macroeconômicas e o aumento da volatilidade implícita do Ibovespa.
Vartanian (2012)	Analisar a existência do efeito contágio no Ibovespa pelo índice Dow Jones, o preço das commodities e a taxa de câmbio.	No curto prazo o Ibovespa reage positivamente aos choques de preços das commodities e com o índice Dow Jones, sinalizando para a existência do efeito contágio sobre o Ibovespa.
Moreira (2011)	Examinar a relação volatilidade / retornos de ações negociadas na BM&FBovespa com expectativas econômicas do Relatório Focus.	Relação significativa e positiva para a taxa de câmbio, a liquidez e o saldo da balança comercial. E Negativa para as variáveis taxa de juros e o produto industrial.
Caselani e Eid Jr. (2008)	Avaliar fatores microeconômicos e conjunturais com relação à volatilidade das principais ações negociadas na BMF&Bovespa.	Relação negativa entre o produto industrial e a volatilidade, e positiva para o giro dos negócios e a taxa de juros e a volatilidade passada.
Pimenta Jr. e Higuchi (2008)	Analisar a relação de causalidade entre variáveis macroeconômicas e o retorno de ações negociadas na BMF&Bovespa.	A taxa de câmbio apresentou nível de causalidade mais elevado em relação ao Ibovespa. As outras variáveis não apresentaram significância estatística.
Grôppo (2006)	Analisar a relação casual entre o Ibovespa e variáveis monetárias.	Relação negativa entre o índice e as variáveis: taxa de câmbio e a taxa de juros de curto e longo prazo.
Grôppo (2004)	Relacionar a causalidade das variáveis macroeconômicas sobre o Ibovespa para o período de janeiro 1995 a 2003.	Relação significativa e negativa entre a taxa de câmbio real, taxa de juros e o Ibovespa, com maior poder de explicação para esta última, sinalizando uma relação de substituição entre renda fixa e mercado acionário.

Quadro 2 - Evidências Empíricas na Literatura Nacional

FONTE - Elaborado pelos autores.

Conforme se observa nas constatações dos quadros 1 e 2, os resultados sobre a possível influência das variáveis macroeconômicas não podem ser tomadas em caráter conclusivo e definitivo. Embora muitos estudos similares apontem para uma mesma direção, ainda existem diferenças entre a magnitude da influência detectada nas diferentes pesquisas. Estas variações podem ser decorrentes: 1. dos modelos econométricos utilizados; 2. dos diversos períodos analisados; 3. base de dados. No que se refere ao mercado brasileiro, entretanto, os estudos sinalizam para o fato de que o Ibovespa sofre interferência, seja de maneira mais fraca ou forte, da expectativa de variáveis macroeconômicas.

### 3 | METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter descritivo, uma vez que visa descrever a influência

de variáveis macroeconômicas sobre índices setoriais da B3. Foi conduzida com enfoque quantitativo, utilizando para isso dados secundários obtidos da base de dados Economática® e do site do Banco Central do Brasil (Bacen). Ademais, é *ex-post-facto*, uma vez que se trata de dados já ocorridos no passado. Os testes estatísticos, bem como os modelos econométricos foram processados no *software* GRETL: *Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library*.

### 3.1 Dados

As variáveis independentes do modelo foram obtidas a partir das séries temporais existentes no Relatório Focus, as mesmas foram coletadas no site do BACEN. No site existem várias maneiras para fazer o *download* das variáveis: pela média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação. Para este trabalho foi coletada a mediana das expectativas, a mesma forma utilizada na divulgação do relatório. A mediana também apresenta vantagem devido à possibilidade de serem usados para distribuições assimétricas e simétricas e por não ter a influência dos valores extremos. O Relatório Focus apresenta as variáveis apresentadas na tabela 1:



## Focus - Relatório de Mercado

Gerin

28 de outubro de 2016

Mediana - agregado	Expectativas de Mercado							
	2016				2017			
	Há 4 semanas	Há 1 semana	Hoje	Comportamento semanal*	Há 4 semanas	Há 1 semana	Hoje	Comportamento semanal*
IPCA (%)	7,23	6,89	6,88	▼ (7)	5,07	5,00	5,00	≡ (1)
IGP-DI (%)	7,94	7,31	7,29	▼ (6)	5,50	5,43	5,38	▼ (2)
IGP-M (%)	8,01	7,65	7,53	▼ (6)	5,50	5,33	5,41	▲ (1)
IPC-Fipe (%)	7,07	6,65	6,65	≡ (1)	5,12	5,55	5,55	≡ (1)
Taxa de câmbio - fim de período (R\$/US\$)	3,25	3,20	3,20	≡ (1)	3,40	3,40	3,40	≡ (4)
Taxa de câmbio - média do período (R\$/US\$)	3,44	3,43	3,43	≡ (2)	3,36	3,34	3,33	▼ (2)
Meta Taxa Selic - fim de período (%a.a.)	13,75	13,50	13,50	≡ (2)	11,00	11,00	10,75	▼ (1)
Meta Taxa Selic - média do período (%a.a.)	14,16	14,13	14,13	≡ (2)	11,77	11,63	11,63	≡ (2)
Dívida Líquida do Setor Público (% do PIB)	44,90	44,90	45,00	▲ (1)	49,50	49,70	49,80	▲ (1)
PIB (% do crescimento)	-3,14	-3,22	-3,30	▼ (4)	1,30	1,23	1,21	▼ (2)
Produção Industrial (% do crescimento)	-5,96	-6,00	-6,00	≡ (2)	1,10	1,11	1,11	≡ (3)
Conta Corrente* (US\$ Bilhões)	-16,70	-18,00	-18,00	≡ (1)	-25,00	-25,00	-25,70	▼ (2)
Balança Comercial (US\$ Bilhões)	49,47	48,06	48,00	▼ (5)	45,92	45,00	45,00	≡ (3)
Invest. Direto no País* (US\$ Bilhões)	65,00	65,00	65,00	≡ (13)	65,00	68,00	68,00	≡ (1)
Preços Administrados (%)	6,20	6,00	6,00	≡ (1)	5,50	5,28	5,20	▼ (2)

\* comportamento dos indicadores desde o último Relatório de Mercado; os valores entre parênteses expressam o número de semanas em que vem ocorrendo o último comportamento ( ▲ aumento, ▼ diminuição ou = estabilidade)

Tabela 1: Principais Variáveis do Relatório de Mercado Focus

Este relatório divulga toda segunda-feira as medianas das variáveis coletadas na sexta-feira anterior, com projeção para o final do ano atual e para o final do ano seguinte. As variáveis divulgadas são: índices de inflação (IPCA, IGP-DI, IGP-M, IPC); taxa de câmbio, SELIC, PIB, produção industrial, entre outras. No caso do ano de 2016, divulga-se a mediana das expectativas realizadas pelos agentes na sexta-feira para o final do ano de 2016 e final de 2017. Também são disponibilizadas as expectativas diárias da semana anterior.

Para esta pesquisa, foram coletados os dados do primeiro relatório de cada mês com as expectativas do final do ano posterior à projeção. Por exemplo: para o ano de 2009, coletaram-se em todo primeiro relatório mensal, os dados das expectativa para



o término de 2010, e assim sucessivamente. Ou seja, foram coletados os dados de expectativas divulgados todas as segundas-feiras do início de cada mês.

A amostra dispôs de um total de 96 observações, no entanto devido a transformações dos dados foi perdida uma observação, ficando no total de 95 observações. Tal perda se deu para calcular o logaritmo dos retornos dos índices e também a taxa de variação das expectativas. O quadro 3 apresenta as variáveis utilizadas nesta pesquisa.

Variável	Sigla	Explicação	Unidade de Medida
Índice de Preços Consumidor Amplo	<b>IPCA</b>	Fornecer a evolução, a cada semana, dos preços no varejo nas principais metrópoles brasileiras. Mede a variação do custo de vida das famílias com chefes assalariados e com rendimento mensal compreendido entre 1 e 40 salários mínimos mensais.	% acumulada próximos 12 meses
Taxa Over Selic	<b>SelicOver</b>	É a meta para taxa média ponderada pelo volume das operações de financiamento por um dia, lastreadas em títulos públicos federais e realizadas no Selic, na forma de operações compromissadas. É a taxa básica utilizada como referência pela política monetária.	% a.a.
Balança Comercial	<b>BalComer</b>	É o resultado da exportações menos as importações. As exportações e importações são consideradas pelos valores FOB, ou seja, livre dos custos internacionais de transporte e seguro.	Em Bilhões US\$
Resultado Primário	<b>ResPrimár</b>	É a diferença entre as receitas e despesas do governo, excluindo-se da conta as receitas e despesas com juros.	% do PIB
Produção Industrial	<b>ProdIndus</b>	Indicador de curto prazo relativos a comportamento do produto real das indústrias extrativa e de transformação.	Variação %
Balanço de Pagamentos	<b>BalPag</b>	É o registro estatístico de todas as transações - fluxo de bens e direitos de valor econômico entre os residentes de uma economia restante do mundo, ocorridos em determinado período de tempo.	Em Bilhões US\$
Produto Interno Bruto	<b>PIB</b>	A soma de todos os serviços e bens finais produzidos em uma economia.	Variação %
Preços Administrados	<b>PreAdm</b>	Refere-se aos preços que são insensíveis às condições de oferta e demanda porque são estabelecidos por contrato ou por órgão público, como exemplo, água, esgoto, plano de saúde, passagens de ônibus.	Variação %
Taxa de Câmbio	<b>Câmbio</b>	É o preço de uma moeda estrangeira medido em unidades ou frações (centavos) da moeda nacional.	R\$/US\$
Taxa de Câmbio Top-5	<b>T5Câmbio</b>	Indicadores do Top 5 - Taxa de Câmbio	R\$/US\$
IPCA Top-5	<b>T5IPCA</b>	Indicadores do Top 5 - IPCA	Variação %
Selic Over Top-5	<b>T5SelicOver</b>	Indicadores do Top 5 - Meta para Taxa Over-Selic	% a.a.

Quadro 3 - Variáveis Utilizadas na Pesquisa

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do BACEN e IBGE, 2016.

Os dados dos índices foram retirados da base de dados da Consultoria Económica®. Foram coletados os preços de fechamentos diários de cada índice individualmente. Para este trabalho foi medido os retornos diários de cada índice, ou seja, a diferença percentual entre o fechamento da primeira segunda-feira do mês, no dia da divulgação do primeiro Relatório Focus do mês, e o fechamento do dia anterior, geralmente na sexta-feira. O quadro 4 apresenta os índices setoriais e suas abreviações utilizadas nesta pesquisa:

Índice	Sigla	Explicação
Índice de consumo	ICON (LN_ICON)	O objetivo do ICON é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade dos setores de consumo cíclico, consumo não cíclico e saúde.
Índice de Energia Elétrica	IEE (LN_IEE)	O objetivo do IEE é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade do setor de energia elétrica.
Índice BM&FBOVESPA Financeiro	IFNC (LN_IFNC)	O objetivo do IFNC é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade dos setores de intermediários financeiros, serviços financeiros diversos, previdência e seguros.
Índice de Materiais Básicos	IMAT (LN_IMAT)	O objetivo do IMAT é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade dos setores de materiais básicos.
Índice Imobiliário	IMOB (LN_IMOB)	O objetivo do IMOB é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade dos setores da atividade imobiliária compreendido por exploração de imóveis e construção civil.
Índice do Setor Industrial	INDX (LN_INDX)	O objetivo do INDX é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade dos setores da atividade industrial compreendidos por materiais básicos, bens industriais, bens de consumo cíclico, consumo não cíclico, tecnologia da informação e saúde.
Índice Utilidade Pública	UTIL (LN_UTIL)	O objetivo do UTIL é ser o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade do setor de utilidade pública (energia elétrica, água, saneamento e gás).

Quadro 4 - Índices Setoriais Utilizados como Variáveis Dependentes

Fonte: Elaboração própria, com base em Dados da BM&FBovespa (2016).

Visando identificar a expectativa da variação dos preços na economia sobre as variáveis dependentes, e evitar a multicolineariedade, optou-se por utilizar apenas um índice de inflação, o IPCA (Índice de Preço ao Consumidor Amplo). Como variável dependente foi utilizado o retorno dos índices, em sua forma logaritmizada, pois sabe-se que,  $\ln(1 + R_t) \approx R_t$ , são valores bastante próximos e o uso dos logaritmos deixa a série mais estacionária, condição necessária para a validação dos testes no modelo,

conforme segue:

$$r_t = \ln(1 + R_t) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \approx R_t \quad (1)$$

Na qual,  $P_{t-1}$  igual ao fechamento de sexta-feira e  $P_t$  o fechamento de segunda-feira.

### 3.2 Modelo Econométrico

Segundo a hipótese de Gauss-Markov, se a regressão segue as premissas do modelo de regressão linear, os estimadores do método de mínimos quadrados ordinários MQO se tornam *BLUE* (*Best Linear Unbiased Estimators*). Para verificar as hipóteses, os seguintes testes foram realizados: homocedasticidade (Testes de White e Bruesch-Pagan), autocorrelação (D de Durbin-Watson e Teste LM de Breusch-Godfrey), multicolineariedade (Estatística VIF), normalidade dos resíduos (Teste de Doornik-Hansen), má especificação do modelo (*RESET* de Ramsey). Além disso, para verificar a estacionariedade das séries foi aplicado o teste de Dick-Fuller Aumentado (DFA).

Foram realizados os testes DFA para todas as séries, utilizando 25 defasagens, e considerando um nível de significância de 1%, constatou-se que todas as séries utilizadas nos modelos são estacionárias. Para todos os modelos deste trabalho foi verificado que as variáveis apresentaram um valor de VIF abaixo de 3, ou seja, não há colinearidade perfeita nas variáveis. O teste de Chow trabalha sob a  $H_0$  de: sem falha estrutural, conferindo a estabilidade dos parâmetros ao longo do tempo. Por fim, também foram analisados os R ajustados e o teste F para cada um dos modelos (GUAJARATI, 2011).

A equação 2 mostra o modelo geral analisado nesta pesquisa. Foram rodados sete modelos nos quais,  $Y_t$  são os índices setoriais. Para cada modelo, foi regredido inicialmente a sua forma completa, ou seja, considerando todas as variáveis explicativas. Nos modelos finais, com intuito de melhorar a estimação e o entendimento de cada um, foram selecionadas aquelas variáveis explanatórias usando o critério baseado na função de máxima verossimilhança (critério de AKAIKE), segundo o qual o modelo que apresenta o menor valor é considerado o de melhor ajuste (WOOLDRIDGE, 2006).

$$\begin{aligned} Y_t = & \beta_0 + \beta_1 \text{Bal\_Come} + \beta_2 \text{Bal\_Pag} + \beta_3 \text{Pre\_Adm} + \beta_4 \text{Res\_Primár} \\ & + \beta_4 \text{Prod\_Indus} + \beta_5 \text{T5Câmbio} + \beta_6 \text{T5IPCA} + \beta_7 \text{SelicOver} \\ & + U_t \quad (2) \end{aligned}$$

Na qual:  $Y_t$  é a variável dependente,  $\beta_0$  é o intercepto,  $\beta_k$  são os coeficientes angulares das variáveis independentes (balança comercial, balanço de pagamento, preços administrados, resultado primário, produção industrial, taxa de câmbio, inflação e taxa de juros) e  $u_t$  é o componente de erro da série temporal, no período  $t$ .

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Análise dos Modelos Iniciais (Completo)

Nesta seção são apresentados os resultados para os modelos com todas as variáveis.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_IFCN	Constante	0,0018	0,0018	0,3193	NA
	Bal_Com	0,0042	0,0722	0,9535	+
	Bal_Pag	0,0091	0,0195	0,6413	+ / -
	Preços_Adm	-0,0064	0,0258	0,8035	+ / -
	<b>Resul_Primar</b>	<b>-0,0196</b>	<b>0,0086</b>	<b>0,0247 ***</b>	<b>+</b>
	Prod_Indus	-0,0072	0,0069	0,2990	+
	<b>T5Cambio</b>	<b>-0,0829</b>	<b>0,0398</b>	<b>0,0404 **</b>	<b>-</b>
	T5IPCA	0,0040	0,0298	0,8950	+ / -
	T5SelicOver	-0,0363	0,0319	0,2585	-
	Prob >F	0,0676	Normalidade		0,0011
D-Durbin	1,8448	Teste LM, ord.2		0,2000	
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,0724	AKAIKE			-496,3761

Tabela 2: Índice Setor Financeiro (IFCN) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_INDX	Constante	0,0018	0,0018	0,3193	NA
	Bal_Com	0,0042	0,0722	0,9535	+
	Bal_Pag	0,0091	0,0195	0,6413	+ / -
	Preços_Adm	-0,0064	0,0258	0,8035	+ / -
	<b>Resul_Primar</b>	<b>-0,0196</b>	<b>0,0086</b>	<b>0,0247 ***</b>	<b>+</b>
	Prod_Indus	-0,0072	0,0069	0,2990	+
	<b>T5Cambio</b>	<b>-0,0829</b>	<b>0,0398</b>	<b>0,0404 **</b>	<b>-</b>
	T5IPCA	0,0040	0,0298	0,8950	+ / -
	T5SelicOver	-0,0363	0,0319	0,2585	-
	Prob >F	0,0676	Normalidade		0,0011
D-Durbin	1,8448	Teste LM, ord.2		0,2000	
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,0724	AKAIKE			-496,3761

Tabela 3: Índice Setor Industrial (INDX) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_IMOB	Constante	0,0007	0,0019	0,7035	NA
	Bal_Com	-0,0296	0,0761	0,6981	+
	<b>Bal_Pag</b>	<b>0,0388</b>	<b>0,0206</b>	<b>0,0636 *</b>	<b>NA</b>
	Preços_Adm	-0,0076	0,0272	0,7820	+ / -
	Resul_Primar	0,0032	0,0091	0,7210	+
	Prod_Indus	0,0070	0,0073	0,3380	+
	T5Cambio	-0,0518	0,0420	0,2215	+ / -
	T5IPCA	-0,0089	0,0315	0,7786	+ / -
	T5SelicOver	-0,0424	0,0337	0,2118	-
	Prob >F	0,9283	Normalidade		0,0000
D-Durbin	2,0043	Teste LM, ord.2		0,4791	
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	-0,0557	AKAIKE			-446,3070

Tabela 4: Índice Setor Imobiliário (IMOB) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Os resultados das regressões cujas variáveis explicativas são o índice financeiro (IFNC), o índice do setor industrial (INDX) e o índice imobiliário (IMOB), apresentados nas tabelas 2, 3 e 4, respectivamente, foram excluídos da análise final por não apresentarem normalidade dos resíduos.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_ICON	Constante	0,0022	0,0015	0,1451	NA
	Bal_Com	0,0050	0,0609	0,9345	+
	Bal_Pag	0,0207	0,0165	0,2139	+ / -
	Preços_Adm	-0,0080	0,0218	0,7138	+ / -
	Resul_Primar	-0,0075	0,0073	0,3058	+
	Prod_Indus	-0,0080	0,0058	0,1753	+
	<b>T5Cambio</b>	<b>-0,0643</b>	<b>0,0336</b>	<b>0,0593 *</b>	-
	T5IPCA	-0,0026	0,0252	0,9187	+ / -
	T5SelicOver	-0,0349	0,0270	0,1990	-
	Prob >F	0,1405	Normalidade		0,2164
D-Durbin	1,8711	Teste de White		0,1043	
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,0476	AKAIKE			-528,5538

Tabela 5: Índice de Consumo (ICON) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coeficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_UTIL	Constante	0,0020	0,0016	0,1980	NA
	Bal_Com	0,0135	0,0648	0,8351	+
	Bal_Pag	0,0180	0,0175	0,3069	+ / -
	Preços_Adm	0,0157	0,0231	0,4982	+
	Resul_Primar	0,0076	0,0077	0,3279	+
	Prod_Indus	0,0071	0,0062	0,2569	+
	T5Cambio	-0,0366	0,0358	0,3091	-
	T5IPCA	-0,0025	0,0268	0,9271	+ / -
	<b>T5SelicOver</b>	<b>-0,0547</b>	<b>0,0286</b>	<b>0,0595 *</b>	-
	Prob >F	0,1908	Normalidade		0,4075
	D-Durbin	2,0197	Teste de White		0,0038
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,0363	AKAIKE		-516,9607	

Tabela 6: Índice de Utilidade Pública (UTIL) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coeficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_IEE	<b>Constante</b>	<b>0,0029</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,058 *</b>	NA
	Bal_Com	-0,0275	0,0612	0,6546	+ / -
	Bal_Pag	0,0084	0,0166	0,6141	+ / -
	Preços_Adm	0,0206	0,0219	0,3480	+ / -
	Resul_Primar	0,0045	0,0073	0,5352	+
	Prod_Indus	0,0041	0,0059	0,4900	+
	T5Cambio	-0,0481	0,0338	0,1585	+ / -
	T5IPCA	-0,0186	0,0253	0,4641	+ / -
	<b>T5SelicOver</b>	<b>-0,0523</b>	<b>0,0271</b>	<b>0,0564 *</b>	-
	Prob >F	0,2552	Normalidade		0,2872
	D-Durbin	2,1166	Teste de White		0,0046
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,0248	AKAIKE		-527,7471	

Tabela 7: Índice de Energia Elétrica (IEE) – Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Variável Dependente	Variáveis Explanatórias	Coeficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_IMAT	Constante	0,0034	0,0024	0,1607	NA
	Bal_Com	-0,0170	0,0999	0,8656	+
	Bal_Pag	0,0041	0,0270	0,8787	+
	Preços_Adm	-0,0063	0,0357	0,8606	+ / -
	<b>Resul_Primar</b>	<b>-0,0420</b>	<b>0,0119</b>	<b>0,0007 ***</b>	+
	Prod_Indus	-0,0013	0,0096	0,8916	+
	<b>T5Cambio</b>	<b>-0,1060</b>	<b>0,0551</b>	<b>0,0578 *</b>	-
	T5IPCA	0,0254	0,0413	0,5399	+ / -
	T5SelicOver	-0,0113	0,0442	0,7991	-
	Prob >F	0,0171	Normalidade		0,0966
	D-Durbin	1,6879	Teste LM, ord.2		0,0061
Watson					
R <sup>2</sup> Ajustado	0,1134	AKAIKE		-434,6100	

Tabela 8: Índice de Materiais (IMAT) - Completa

Nota - NA: não se aplica; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%.

Fonte - Elaboração própria.

Os resultados dos modelos apresentados nas tabelas 5 a 8, referentes ao ICON, IEE, UTIL E IMAT, respectivamente, apresentaram um alto p-valor para o teste F, sinalizando que o conjunto de variáveis destes modelos não tem poder explanatório para os respectivos termos independentes. Pode-se observar que nos modelos IMAT e IEE também existe a presença de heterocedasticidade, sinalizado pelo baixo p-valor do teste de White. No entanto, tanto o teste F quanto a heterocedasticidade não foram verificados nas versões finais, viabilizando assim a interpretação dos mesmos.

O último modelo, que contém o índice de materiais básicos (IMAT) como variável dependente, apresentado na tabela 8, foi identificada a presença de autocorrelação, constatada tanto pelo valor D de Durbin-Watson, quanto pelo teste LM de segunda ordem. Segundo Gujarati (2011) para corrigir o problema de auto correlação pode-se utilizar o método de *Cochrane-Orcutt*. *A regressão final, estimada através deste método obteve as condições necessárias para sua análise, ou seja, a auto correlação foi corrigida.*

#### 4.2 Análise dos Modelos Finais

Todos os quatro modelos finais deste trabalho, ICON, IEE, UTIL e IMAT, apresentaram relação estatisticamente significativa, com sinal negativo, para a variação da expectativa da taxa de câmbio (T5Câmbio). Entre as pesquisas empíricas estudadas foram encontrados resultados similares nos trabalhos de Grôppo (2004, 2006) e Moreira (2011). Acredita-se que a relação entre os índices setoriais e a taxa de câmbio pode ser analisada a partir do seguinte argumento econômico financeiro: uma redução das expectativas da taxa de câmbio significa que os agentes esperam que haja uma redução do valor futuro do Dólar. A redução cambial pode ocorrer de duas maneiras principais, pela atuação do Banco Central, ou pela entrada de capital externo, ambos valorizam moeda local. A entrada de capital estrangeiro no país e a valorização do Real refletem no aquecimento da demanda agregada, e, conseqüentemente, na demanda por ações da bolsa de valores.

Variável Dependente	Variáveis Exploratórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_ICON	Constante	0,00212546	0,001464	0,1489	NA
	<b>Prod_Indus</b>	<b>-0,0123086</b>	<b>0,004905</b>	<b>0,0139**</b>	<b>+</b>
	<b>T5Câmbio</b>	<b>-0,0565083</b>	<b>0,032043</b>	<b>0,0811*</b>	<b>-</b>
	Prob >F	0,014953	Normalidade Resíduos		0,177185
	R <sup>2</sup> Ajustado	0,067476	AKAIKE		-536,1512
	Teste RESET	0,848661	Teste de Chow		0,035112
	Teste White	0,268286	Teste LM, menor p-		0,035112
	Teste de B-P	0,940198	D – Durbin-Watson		1,783321

Tabela 9: ICON - Índice de Consumo – Versão Final

Nota - NA: não se aplica; B-P: Bruesh-Pagan; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Fonte - Elaboração própria.

Conforme se observa na tabela 9, a versão final para os retornos diários do ICON apresentou duas variáveis estatisticamente significantes, sendo elas a variação da expectativa do produto industrial mensal, a um nível de 5%, e a variação da expectativa da taxa de câmbio, a um nível de 10%. O sinal esperado para produto industrial é positivo, no entanto, para o modelo desta pesquisa foi observada uma relação negativa, o que não corrobora com o referencial teórico levantado. Tal resultado também foi encontrado no trabalho de Moreira (2011), que utilizou as variáveis para o Relatório Focus. Entretanto, o resultado pode ser uma indicação de uma relação de substituição entre investimento em capital fixo (capital industrial) e capital variável.

Variável Dependente	Variáveis Exploratórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_IEE	Constante	0,00293421	0,001462	0,0477**	NA
	<b>T5Câmbio</b>	<b>-0,0574626</b>	<b>0,031928</b>	<b>0,0752*</b>	<b>-</b>
	<b>T5SelicOver</b>	<b>-0,0489144</b>	<b>0,023389</b>	<b>0,0393**</b>	<b>-</b>
	Prob >F	0,027398	Normalidade Resíduos		0,244515
	R <sup>2</sup> Ajustado	0,055118	AKAIKE		-536,3443
	Teste RESET	0,298814	Teste de Chow		0,124221
	Teste White	0,019101	Teste LM, menor p-		0,062421
	Teste de B-P	0,629364	D-Durbin-Watson		2,063169

Tabela 10: IEE - Índice de Energia Elétrica – Versão Final

Nota - NA: não se aplica; B-P: Bruesh-Pagan; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Fonte - Elaboração própria.

A versão final do IEE, apresentada na tabela 10, exibiu relação estatisticamente significativa, com sinal negativo, para a variação da expectativa da taxa de câmbio e da meta para taxa Selic Over. Os resultados para a taxa de juros Selic Over seguiram o mesmo sinal das pesquisas de Grôppo (2004) e Morreira (2011).

Como o setor elétrico fornece energia tanto para as famílias e quanto para as



indústrias, a redução da taxa de juros é indicativo de redução dos riscos e das incertezas em uma economia, levando ao aumento da atividade econômica, o que reflete na demanda do setor. Também pode-se buscar entendimento dessa variável através da relação entre a inflação, a taxa Selic e as tarifas de energia elétrica. Desde a adoção do sistema de metas pelo Banco Central do Brasil em 1999, o meio mais utilizado pelo governo para alcançar a meta da inflação foi através da política monetária aumento/redução dos juros. Uma redução da meta da taxa Selic indica que há uma menor pressão inflacionária na economia. Os reajustes nas tarifas de energia elétrica são controladas pelo governo e impactam na inflação, a redução da inflação permite que o governo aumente as tarifas do setor, e conseqüentemente seus lucros. Entretanto não foi encontrado relação direta entre a variações das expectativas do IPCA, ou dos preços administrados e o índice de energia elétrica.

Variável Dependente	Variáveis Exploratórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_UTIL	Constante	0,00211192	0,001561	0,1794	NA
	Prod_Indus	0,00844509	0,005236	0,1102	+
	T5Câmbio	-0,0509525	0,034178	0,1395	-
	T5SelicOver	-0,0404953	0,024988	0,1086	-
	Prob >F	0,0532	<u>Normalidade Resíduos</u>		0,205299
	R <sup>2</sup> Ajustado	0,050161	<u>AKAIKE</u>		-522,9705
	Teste RESET	0,041223	<u>Teste de Chow</u>		0,382237
	Teste White	0,012511	<u>Teste LM, menor p- valor</u>		0,666536
	Teste de B-P	0,319989	<u>D-Durbin-Watson</u>		1,98224

Tabela 11: UTIL – Índice de Utilidade Pública - Versão Final

Nota - NA: não se aplica; B-P: Bruesh-Pagan; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Fonte - Elaboração própria.

Conforme se observa na tabela 11, as variáveis explicativas não foram estatisticamente significantes para o modelo que contém o índice de utilidade pública (UTIL) como variável dependente. Chama a atenção entretanto, que todos os sinais encontrados estão de acordo com o sinal esperado, sendo estes negativos para as expectativas da taxa de câmbio e da taxa de juros Selic over, e positiva para o produto industrial. O índice UTIL tem grande representatividade na empresas públicas de fornecimento de energia elétrica, água e saneamento e gás. Um aumento na expectativas do produto industrial e a redução da expectativa da taxa de juros Selic, sugerem que existe uma expectativa de aumento na atividade econômica, o que leva ao aumento da demanda por produtos deste setor.

Variável Dependente	Variáveis Exploratórias	Coefficientes	Erro Padrão	p-valor	Sinal Esperado
LN_MAT	Constante	0,00357605	0,002731	0,1938	NA
	<b>T5Câmbio</b>	<b>-0,0443097</b>	<b>0,009931</b>	<b>&lt;0,0001***</b>	<b>+</b>
	<b>T5SelicOver</b>	<b>-0,102772</b>	<b>0,052638</b>	<b>0,054*</b>	<b>-</b>
	Prob >F	0,000084	Normalidade Resíduos		0,07428300
	R <sup>2</sup> Ajustado	0,181466	AKAIKE		NA
	ARCH ordem 1	0,553407	ARCH ordem 12		0,832173
	ARCH ordem 2	0,860158	Restrição Fator		0,275681
	ARCH ordem 3	0,778221	D-Durbin Watson		1,905771

Tabela 12: IMAT - Índice de Materiais Básicos – Versão Final

Nota - NA: não se aplica; B-P: Bruesh-Pagan; \*, \*\*, \*\*\* significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Fonte - Elaboração própria

Conforme se observa na tabela 12, na versão final do IMAT, duas variáveis foram estatisticamente significantes e com sinal negativo, a variação das expectativas a taxa de câmbio e a taxa Selic over. O sinal do coeficiente para as expectativas da taxa de cambio pode ser entendido como sinal de entrada de Dólar devido ao um aumento dos contratos de exportações de materiais básico, o que interfere diretamente no lucro dessas empresas. A redução da meta para Selic também reduz o custo do financiamento imobiliário, aumentando assim a quantidade de imóveis vendidos e construídos. Impactando diretamente o setor de construção civil, o que reflete diretamente na demanda por materiais básicos.

Para todos os modelos que apresentaram um sinal negativo para o aumento das expectativas da taxa Selic, pode ser analisado através de uma possível relação de substituição entre investimento em renda fixa e variável. Dois bens podem ser considerados substitutivos quando o aumento do preço de um aumenta a demanda do outro. Observando pela ótica do investidor, a redução do retorno em renda fixa aumenta a demanda por ativos em renda variável.

A meta da taxa Selic também está diretamente relacionada com o prêmio de risco, pois esta taxa é muito utilizada como referência a taxa livre de risco no modelo CAPM. Uma redução da taxa livre de risco leva ao aumento do prêmio de risco, e conseqüentemente, aumenta a expectativa de retorno do ativo. O aumento das expectativas para o retorno aumenta a sua procura, refletindo assim no aumento dos seus preços.

Por fim, foram analisados os valores da estatística R<sup>2</sup>, que mede a qualidade de ajustamento da linha de regressão. Em outras palavras, o R<sup>2</sup> é o percentual da variação total de Y explicada pelo modelo (GUAJARATI, 2011). Comparando os valores dos R<sup>2</sup> ajustados de todos os modelos finais, observa-se que este último modelo tem maior poder explanatório sobre o retorno, sendo seu R<sup>2</sup> igual a 0,1814. Apesar dos demais modelos possuírem um R<sup>2</sup> próximos de 6%, sinalizando baixo poder de explicação, esta pesquisa constatou que de fato existe uma relação entre a mudança

nas expectativas das variáveis macroeconômicas do Relatório Focus e os respectivos índices dos modelos finais.

## 5 | CONCLUSÃO

Neste estudo, através do modelo de regressão múltipla, buscou-se identificar a existência de uma possível relação entre a variação das expectativas macroeconômicas divulgadas no Relatório Focus e os retornos dos índices setoriais calculados pela B3, considerando o período de janeiro de 2009 até dezembro de 2016.

As informações das expectativas macroeconômicas divulgadas semanalmente no Relatório Focus se tornaram um importante instrumento de auxílio para o processo de decisões de investimento. A análise resultados obtidos nos modelos finais indicam que algumas das variáveis divulgadas impactam na precificação dos ativos financeiros. O que leva a sugestões para pesquisas futuras entre os indicadores do Relatório Focus e o mercado de capitais, como a utilização de retornos para ativos individuais, o uso dos dados semestrais ou o uso de outros modelos econométricos para os mesmos períodos.

Nesta pesquisa chegou-se à conclusão que de fato existe uma influência das expectativas de variáveis macroeconômicas divulgadas no Relatório Focus sobre os índices setoriais da B3, para os índices ICON, IEE, IMAT e UTIL, considerado o período analisado, sendo este último (UTIL) apenas indícios. De maneira mais específica, constatou-se, em consonância com outras pesquisas da literatura nacional, uma relação estatisticamente significativa, com sinal negativo, para a variação da expectativa da taxa de câmbio e da taxa de juros e positivo (contrário ao esperado) com a variação na expectativa da produção industrial.

Enfim, pode-se dizer que os resultados encontrados sinalizam que as expectativas macroeconômicas divulgadas no Relatório Focus podem servir de apoio na previsão de retornos por parte dos agentes econômicos. Servindo com mais um instrumento de apoio para os investidores e colaborando, desse modo para reduzir o risco dos investimentos no mercado financeiro e a incerteza da economia.

## REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Mercado Focus**. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br>>, acesso em maio de 2016.

BLANCHARD, O.J. Output, the stock market, and interest rates. **American Economic Review**, v.71, n.1, p.132–43, 1981.

BJØRNLAND, H.C.; LEITEMO, K. Identifying the interdependence between U.S. monetary policy and the stock market. **Journal of Monetary Economics**, v.56, n.2, p.275-282, 2009.

- CAMPBELL, J.Y. Intertemporal asset pricing without consumption data. **American Economic Review**, v.83, n. 3, p.487–512, 1993.
- CASELANI, C. N.; EID JR., W. Fatores microeconômicos e conjunturais e a volatilidade dos retornos das principais ações negociadas no Brasil. **RAC-Eletrônica**, v.2, n.2, p.330-351, 2008.
- CHEN, N.F.; ROLL, R.; ROSS, S. Economic forces and the stock market. **The Journal of Business**, v.59, n.3, p.383-403, 1986.
- FLANNERY, M. J.; PROTOPAPADAKIS, A. A. Macroeconomic factors do influence aggregate stock returns. **Review of Financial Studies**, v.15, n.3, p.751-782, 2002.
- GRÔPPO, G.S. **Causalidade das variáveis macroeconômicas sobre o Ibovespa**. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- GRÔPPO, G.S. Relação dinâmica entre Ibovespa e variáveis de política monetária. **Revista de Administração de Empresas**, v.46, n. especial, p.72-85, 2006.
- GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 5. ed. São Paulo: AMGH, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home>>, Acesso em maio de 2016.
- LEE, B.S. Causal relations among stock returns, interest rates, real activity, and inflation. **The Journal of Finance**, v.47, n.4, p.1591-1603, 1992.
- LINTNER, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. **The Review of Economics and Statistics**, v.47, n.1, p.13-37, 1965.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v.7, n.1, p.77-91, 1952.
- MOREIRA, E.T. **Relação entre as expectativas econômicas publicadas no Relatório Focus e o retorno e volatilidade das principais ações negociadas no Brasil**. 2011. 209 f. Tese (Doutorado) – CEPEAD-UFMG.
- MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market. **Econometrica**, v.34, n.4, p.768-783, 1966.
- PIMENTA JR., T.; HIGUCHI, R.H. Variáveis macroeconômicas e o Ibovespa: um estudo da relação de causalidade. **Revista Eletrônica de Administração**, v.14, n.2, p.296-315, 2008.
- OLIVEIRA, L. F. **Influência da incerteza da expectativa de dados macroeconômicos futuros do Brasil sobre a volatilidade implícita**. UFRGS, Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização, 2014.
- SHANKEN, J.; WEINSTEIN, M.I. Economic forces and the stock market revisited. **Journal of Empirical Finance**, v.13, n.2, p.129-144, 2006.
- SHARPE, W.F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, v.19, n.3, p.425-443, 1964.
- VARTANIAN, P. R. Impactos do índice Dow Jones, commodities e câmbio sobre o Ibovespa: uma análise do efeito contágio. **Revista de Administração Contemporânea**, v.16, n.4, p.608-627, 2012.
- WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. Brasil: Pioneira Thomson Learning, 2006.

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

**Wagner Igarashi**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Informática  
Maringá - PR

**Deisy Cristina Corrêa Igarashi**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Ciências Contábeis  
Maringá - PR

**RESUMO:** A globalização bem como a adoção das *International Financial Reporting Standards* (IFRS) como padrão em diferentes países, auxiliaram a integrar diversos mercados de capitais, distribuídos em bolsas de valores, como a NYSE (New York Stock Exchange) e a BM&FBOVESPA, as quais divulgam demonstrativos que seguem regulamentação em termos da harmonização para facilitar a tomada de decisão dos usuários (investidores). Neste contexto, o presente estudo visa mapear as ferramentas, sistemáticas, modelagens, sistemas, ou outras ferramentas da Ciência da Computação que tenham sido desenvolvidas direcionadas a automatizar, apoiar ou modelar problemas da área financeira de organizações. Para tal, foi realizada uma revisão sistemática na base IEEE Xplore, a partir da palavra-chave “*Financial*” e da utilização de diversos critérios de seleção, como serem oriundos de periódicos, ter pontuação JCR (Journal Citation

Reports), a análise do conteúdo dos artigos. Como resultado, foram identificadas diversas técnicas computacionais, como inteligência artificial, utilizando modelo de Monte Carlo e lógica fuzzy para modelagem de conhecimento incerto em previsões de risco, redes neurais para aprendizagem de padrões de preço, bem como de técnicas de programação matemática para otimização de problemas de avaliação, planejamento e alocação de recursos. Com destaque a diversos estudos de caso relacionados com a questão de energia.

**PALAVRAS CHAVE:** Finanças, Ciência da Computação, Revisão Sistemática.

**ABSTRACT:** The Globalization and adoption of International Financial Reporting Standards (IFRS) as standard in different countries, to integrate various capital markets, distributed on stock exchanges like NYSE (New York Stock Exchange) and the BM & FBOVESPA, which disclose statements that follow regulations in terms of harmonization to facilitate the decision-making of users (investors). In this context, this study aims to map the tools, systematic, modeling systems, or other tools of computer science that have been developed directed to automate, support or modeling problems of finance area. To this end, a systematic review was performed in IEEE Xplore database, from the keyword “*Financial*” and the use of various

selection criteria, as they are from the journals have scoring JCR (Journal Citation Reports), content analysis articles, and so on. As a result, we identified several computational techniques, such as artificial intelligence, using fuzzy Monte Carlo model and logic for uncertain knowledge modeling risk forecasting, neural networks for price patterns learning and mathematical programming techniques to optimize evaluation problems, planning and resource allocation. Highlighting several case studies related to the issue of energy.

**KEY-WORDS:** Financial, Computer Science, Systematic Review.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado brasileiro se verifica a necessidade de uma linguagem padronizada nas demonstrações financeiras, a qual seja compreendida em diferentes mercados. Neste contexto, várias organizações defendem a adoção das *International Financial Reporting Standards* (IFRS) como padrão em diferentes países, rumo a uma convergência internacional das normas para publicação de tais demonstrativos (MARTINS, PAULO, 2010). Alguns autores defendem que a partir da adoção das IFRS as empresas podem atuar de forma otimizada e melhorar a qualidade da informação financeira para os investidores interessados (FIELDS, LYS, VINCENT, 2001; IATRIDIS, 2010; HORTON, SERAFEIM, SERAFEIM, 2012).

O *Financial Accounting Standards Board* (FASB) (2012), órgão regulador do sistema contábil norte-americano, considera que historicamente a convergência aos padrões internacionais financeiros iniciou em meados dos anos 50, em resposta à integração econômica e ao fluxo internacional de capitais, pós segunda guerra mundial. O foco era harmonizar e reduzir as diferenças entre práticas adotadas nos mercados de capitais ao redor do mundo. Nos anos 90 a noção de harmonização foi trocada pela convergência e desenvolvimento de um conjunto de normas internacionais que pudessem ser usados nos principais mercados de capitais (IFRS, 2012). Estes mercados de capitais são distribuídos em bolsas de valores, como a NYSE (*New York Stock Exchange*) e a BM&FBOVESPA (fusão da Bolsa de Mercadorias & Futuros e a Bolsa de Valores de São Paulo), as quais divulgam demonstrativos que seguem regulamentação em termos da harmonização para facilitar a tomada de decisão dos usuários (investidores). Contudo, tais demonstrativos na essência carecem de análises mais exaustivas e detalhadas, além da análise da variação do preço de ação e de mercado. Tais análises podem ainda ser mediadas por ferramentas computacionais.

Neste contexto, a Ciência da Computação pode contribuir na modelagem e implementação de sistemas que possam auxiliar na análise, utilização e integração de informações financeiras, sejam no âmbito interno ou externo das organizações. Assim, o presente estudo visa mapear as ferramentas, sistemáticas, modelagens, sistemas, ou outras ferramentas desenvolvidas, direcionadas a auxiliar na análise de

informações financeiras das organizações. Destaca-se que o objetivo maior que norteou esta pesquisa foi analisar as contribuições científicas e tecnológicas abrangendo a produção científica do cenário internacional da área “Ciências da Computação” vinculado à temática “financeira”.

## 2 | METODOLOGIA

Como metodologia foi realizada uma revisão sistemática para analisar a produção científica junto ao conjunto à biblioteca digital IEEE Xplore®, mais especificamente na seção “*Journals & Magazines*”, a partir da palavra chave “*finanacial*”, no período de 2008 a 2012, de modo a evidenciar possíveis mudanças nas concepções teóricas sobre a aplicação de técnicas computacionais na área financeira ao longo do tempo.

O processo de revisão sistemática é oriundo da área de ciências médicas, visa produzir uma análise transparente, científica e replicável de evidências com base na literatura. No entanto, Boaz, Ashby e Young (2002) observam que o conhecimento e entendimento da contribuição potencial das revisões sistemáticas junto às demais áreas de conhecimento têm crescido como pode ser observado em áreas como a Gestão e a Engenharia de Software (DENYER; TRANFIELD, 2009; BRINER; DENYER, 2012; KITCHENHAM et al., 2009;).

As revisões sistemáticas sintetizam evidências disponíveis na literatura e auxiliam pesquisadores no cotidiano das pesquisas, pois permitem incorporar um espectro abrangente de resultados relevantes da pesquisa não limitando as conclusões (SAMPAIO; MANCINI, 2007). A revisão sistemática aplicada nesta pesquisa foi baseada nas 8 etapas descritas no *Handbook da Cochrane Collaboration* (HIGGINS; GREEN, 2011): 1 formular a pergunta da revisão e desenvolver o critério de inclusão de estudos; 2 localizar os estudos; 3 selecionar os estudos (artigos, textos) e coletar os dados; 4 avaliar os riscos de vieses nos estudos incluídos; 5 realizar a análise e meta-análise dos dados; 6 realizar o tratamento dos vieses em relação ao relatório; 7 apresentar os resultados e tabelas sumarizadas com os resultados; 8 apresentar as considerações sobre as interpretações dos resultados e extração de conclusões.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO ORIUNDOS A PESQUISA TEÓRICA

Na busca inicial de artigos, foram extraídos 455 textos junto à IEEE, disponibilizados em formato completo em pdf. Observou-se que no período de 5 anos a média de publicação foi em torno de 35,8 artigos, no tema, por ano, com desvio padrão de 3,7. Em uma análise prévia dos textos verificou-se que eles estavam relacionados a 59 periódicos, principalmente, pertinentes às áreas de computação, engenharia e tecnologia. A partir do índice *Journal Citation Reports* (JCR), o qual é publicado pelo *Institute for Scientific Information* (ISI) e editada pela *Thomson Reuters*, a amostra

de textos foi reduzida para 179 artigos. Observou-se, também, que o periódico que mais apresentou textos sobre a temática foi a *IEEE Transactions On Power Systems*, correspondendo a 19% dos textos analisados, seguido da **IEEE Transactions on Engineering Management**, com 10,1%. Quanto aos autores que mais publicaram sobre o tema pode-se afirmar que as pesquisas neste tema são realizadas de modo recorrente por poucos autores. Isto se confirma visto que somente Mohammad Shahidehpour foi o autor mais frequente, tendo publicado 6 artigos no horizonte de cinco anos.

A partir dos 179 artigos, foi realizada a análise para verificar se os textos apresentavam concomitantemente conceitos das duas áreas definidas: financeira e computacional. Esta análise permitiu excluir 71 artigos da amostra, permanecendo em análise 108 textos. Ao se proceder a análise dos textos (108) observou-se que 33% enfocaram aspectos relativos aos usuários externos, ao passo que 37% foram desenvolvidos segundo a ótica do usuário interno. As ferramentas de intervenção financeiras utilizadas de modo mais recorrente nos textos foram: custo, investimento, risco financeiro, dados financeiros, séries temporais, fluxo de caixa, valor presente líquido, ações, retorno financeiro, preços de ações, preço marginal local, micropagamento, capital de investimento.

Quanto aos aspectos computacionais observou-se que: 41% dos artigos aplicaram conceitos de Inteligência Artificial, 14% dos artigos aplicaram conceitos de Teoria da Computação, 12% dos artigos aplicaram conceitos de Sistemas de informação, 12% dos artigos aplicaram conceitos de Matemática da computação, 6% dos artigos aplicaram conceitos de Engenharia de Software, 5% dos artigos aplicaram conceitos de redes, 6% dos artigos aplicaram conceitos de Hardware, 2% dos artigos aplicaram conceitos de Segurança e privacidade, 1% dos artigos aplicaram conceitos de Tópicos Profissionais e Sociais, 1% dos artigos aplicaram conceitos de Computação Centrada no Ser Humano.

Mais especificamente, do ponto de vista de simulação computacional, pode-se destacar que 13 artigos abordaram o assunto, dos quais 4 artigos tratavam especificamente da utilização do modelo de Monte Carlo (LIU, YU, TESHATSION, 2012; WU, SHAHIDEHPOUR, LI, 2008; WU, CHEN, FU, 2012, KIENZLE, AHIN, ANDERSSON, 2011), com foco em problemas como: auxílio a previsão de risco em contratos de energia; minimização de risco financeiro e maximização de lucro; previsão de padrões de consumo energético, perspectiva de regime de preço de energia. 2 artigos tratavam de modelos de Markov (CHATZIS, 2010; PLATIS, DROSAKIS, 2009) para o processamento de séries temporais financeiras e tempo de vida de componentes de um sistema.

Ainda em relação à simulação computacional, pode-se verificar o tratamento dos seguintes problemas: mercado de ações artificial para entender determinados fenômenos (PONTA et al., 2012); estudos de confiabilidade em sistemas de energia eólica (JOSHI, JANGAMSHETTI, 2010); simulações de amostras representativas de



mercado energético de modo a minimizar o custo computacional (GÜLER et al., 2010); previsão de preços de eletricidade bem como o risco financeiro atrelado a volatilidade da variável em questão (OLSINA, WEBER, 2009); demonstração de estratégias de punição e estimulação de acordo com a receita arrecadada de parcerias de nós de comunicação (MAHMOUD, SHEN, 2011); modelar o impacto da manutenção de equipamentos para otimizar custos de transmissão e distribuição de energia (GE, ASGARPOOR, 2012); plataforma para estudo de sistemas complexos adaptativos para modelar problemas de cadeia de suprimentos e o resultado financeiro de sua gestão (XU, SUN, HUA, 2010); identificar a volatilidade estocástica da variação do preço de ações (DJURIC', KHAN, JOHNSTON, 2012); eficiência da utilização de novas fontes de energia inteligente (SORTOMME, EL-SHARKAWI, 2012); evoluir o conhecimento dos agentes de negociação no mercado de energia (SÁNCHEZ et al., 2009); modelar o preço e a perda marginal no congestionamento de sistemas de distribuição de energia (SARKAR, SKHAPARDE, 2011); simular estratégias de controle de fluxo de materiais e seu impacto financeiro (DOTOLI et al., 2009).

Do ponto de vista de aprendizagem de máquina, 12 artigos abordaram o tema, nas seguintes problemáticas: processamento de séries temporais para identificação de padrões sejam eles financeiros ou não foram destacados por Lian, Chen (2008), Cao, He, Man (2012) e Lian et al. (2009) para problemas de previsão e representação multiescalar do problema; previsão de falência para tomada de decisão em instituições financeiras (LIN, HU, TSAI, 2012); na aprendizagem e previsão de retornos de investimentos em ações, pois não apresentam curvas normais (Martinez-Jaramillo, Tsang, 2009); resolução de matrizes multijogadores no estabelecimento de licitações (Babayig, Rocha, Das, 2010); para o estabelecimento de regras precisas em sistemas de comercialização automática de ações (Krejník, Tyutin, 2012); previsão de demanda energética de modo a evitar desperdício no investimento em infraestrutura de geração de energia (Hyndman, Shu Fan, 2010); análise de dados financeiros de receita de geradores de energia eólica (Gomez-Quiles, Gil, 2011); estudo de dados financeiros com frequências diferentes pois são importantes no estudo de uma variedade de processos de negociação de ações e microestrutura de mercado (Zhang, Liu, Yu, 2012); previsão de valor de opções financeiras baseadas no ciclo de vida de um sistema (Haddad, Sandborn, Pecht, 2012); previsão de custo financeiro modelando a interrupção de serviços de transmissão de energia (Milanovic, Vegunta, 2011).

Em relação à área de mineração de dados foram encontrados 5 artigos de Abdulsalam, Skillicorn, Martin (2011), Chang, Fan (2008), Cao, Zhang, Zhou (2008), Mohammadnezhad-Shourkaei et al. (2011) e Lingras, Chen, Miao (2009), tratando respectivamente dos seguintes problemas: diversas aplicações de telecomunicações, *web logs*, aplicações financeiras e análise de sensores de dados trabalham com fluxos de dados com elevadas taxas de transmissão, criando novas perspectivas em mineração de dados; A mineração de dados é uma abordagem eficiente para a análise de séries temporais utilizando wavelet, e demonstrou ser especialmente produtiva na análise,

modelagem e previsão do comportamento de instrumentos financeiros em detrimento de técnicas como redes neurais; infra-estrutura corporativa on-line construída para a mineração de dados financeiros e de investigação e desenvolvimento multiagentes; árvores de decisão juntamente com a técnica de programação linear inteira mista podem modelar as taxas de falha dependentes do tempo de equipamentos nas redes de distribuição de energia e para avaliar a eficácia de várias estratégias de manutenção; definição de clusters de perfil de gastos pessoais.

No que tange o raciocínio incerto, 5 artigos trataram o assunto. Chang, Fan, Liu (2009), Huang, Pasquier, Quek (2009), Chan, Milanovic, Delahunty (2011) e Kang, Zhou, Oh (2011) tratam da utilização de lógica fuzzy para tratar os seguintes problemas respectivamente: diversas limitações para os modelos de previsão de preços de ações são o ruído, a dimensionalidade complexa e a quantidade de dados de preços; teóricos financeiros questionam a possibilidade de prever o mercado financeiro usando apenas análise técnica; na perda financeira relativa a interrupção no fornecimento de energia em uma planta industrial, de modo a constar a variação do valor de perda na modelo de avaliação de risco; na análise da eficácia temporal de dados que deve ser suportada por meio da atualização periódica de dados temporais, como os preços de ações. Angelov et al. (2008) comentam que a Lógica fuzzy baseada em regras de sistema tornaram-se uma das estruturas alternativas para o projeto de classificadores de fluxo de dado em processos industriais avançados, sistemas autônomos, aviação, indústria financeira, mercados consumidores, etc.

Na linha de representação de conhecimento foram encontrados 2 artigos. Mo, Yin, Gao (2008) destacam que os conhecimentos de um especialista podem ser representados em um sistema especialista, bem como é assumido que as durações ou custos de atividades individuais são independentemente distribuídos, em situações reais, contudo, podem existir correlações entre atividades paralelas ou seriais. Por outro lado, Milea et al. (2012) defendem a questão da representação do conhecimento devido a grande quantidade de dados textuais não estruturados na web, o que motiva o desenvolvimento de representações semanticamente ricas de informação, onde uma destas vertentes é a web semântica (utilização de ferramentas como RDF, OWL), sendo que um dos desafios é a consideração da questão temporal nestas representações. Algumas questões temporais na área financeira são: fusões, aquisições, preços de ações, troca de diretores executivos e fraudes.

Em relação à Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC), 9 artigos relacionam este tema com a área financeira na visão de Das, Yaylacicegi, Menon (2011), Lui, Chan (2008), Chakrabarty, Whitten (2011), Angelou, Economides (2008), Di Benedetto, DeSarbo, Song (2008), Cao, Jiang, Zhang (2012), Sauve´ et al. (2008), Ravichandran, Han, Hasan (2009) e Su, Levina (2011) respectivamente nos seguintes problemas: o impacto organizacional da TIC na área da saúde pode ser explicado pela visão baseada em recursos (RBV) da empresa; projetos de tecnologia da informação que tem problemas ou falham normalmente não começam com um bom

gerenciamento de risco; a terceirização do desenvolvimento de software, bem como o papel que a terceirização de TI tem, continua a ser um caixa preta; a valoração de investimentos em TIC é uma tarefa em modificação; pesquisadores têm sugerido a análise de opções reais (OR) para avaliar projetos de TIC; capacidades de TIC são aquelas que permitem a difusão efetiva de informação técnica e de mercado através das áreas funcionais relevantes e aumentam a flexibilidade estratégica de uma empresa; a distribuição e gestão de eletricidade em redes elétricas inteligentes são atualizados pela incorporação de TICS avançadas para melhorar a eficiência, confiabilidade e segurança, resultando na redução do custo financeiro de longo prazo; o campo da gestão de serviços de tecnologia da informação tem tido rápido amadurecimento devido à crescente importância deste para a atividade empresarial; técnicas como fluxo de caixa descontado e modelos de opções são utilizados para avaliar investimentos em TIC; multisourcing surgiu como uma importante estratégia para a terceirização de TIC no atual ambiente turbulento de negócios.

Otimização é outro tema recorrente e relacionado a questões financeiras. Molina e Rudnick (2010) comentam da importância de se utilizar heurísticas de modo a simplificar a programação matemática em problemas de avaliação financeira em energia. Chattopadhyay et al. (2010) destacam que um modelo de programação linear pode ser utilizado para otimizar a capacidade de entrada, o despacho de geração de energia e reserva de requisitos. Wu, Shahidehpour e Li (2008) defendem a utilização de algoritmo de escalonamento estocástico na restrição de risco financeiro, seleção de portfólio e/ou redução de custo. Os artigos de Wu et al. (2012), Pineda, Conejo, Carrión (2008), Salazar, Liu e Chu (2010) defendem o uso de programação estocástica: para a previsão da velocidade horária do vento e preço de mercado da energia; para unidades geradoras que, tendo em conta a sua taxa de interrupção forçada, devem determinar um balanço apropriado de fundos e mercados futuros de modo que seu lucro esperado seja maximizado para um nível de risco pré-especificado; bem como para encontrar configurações de taxas que possam promover o uso eficiente de transmissão de energia, de modo a impactar no retorno de investimentos na área.

Na questão ainda de otimização, os 5 artigos de Aminifar et al. (2011), Careri et al. (2011), Chao (2010), Morales, Pinson, Madsen (2012) e Abiri-Jahromi et al. (2012) discutem a aplicação de programação inteira-mista nos seguintes contextos: planejamento de infraestrutura elétrica; planejamento de expansão de novas plantas de geração de energia; planejamento de nós de prevenção pela adição de monitores para gargalos problemáticos em sistemas; planejamento de infraestrutura de parques de energia eólica e expansão da transmissão de energia de modo a direcionar sua produção; a programação não-linear e programação linear inteira mista têm provado alcançar a melhor solução global em um número finito de passos, em detrimento de técnicas como lógica fuzzy, algoritmos genéticos, simulated-annealing, em problemas como o de alocação de distribuidores de energia, com base em custo da falha para clientes, bem como o custo do investimento na construção de distribuidores, o custo

de operação e custos de manutenção. Tor, Guven e Shahidehpour, Tor, Guven (2008) utilizam programação orientada a metas na avaliação anual de investimentos em transmissão de energia e nível de congestionamento, juntamente com os custos locais. Tague et al. (2011) formulam um problema de otimização de fluxo de rede com perdas usando uma função objetivo com base na teoria de seleção de portfólio de finanças.

Em relação à aritmética binária de ponto flutuante e micropagamentos relativos às transações financeiras, destacam-se 6 trabalhos dos seguintes autores: Cornea et al. (2009), Aswal, Perumal, Prasanna (2012), Erle, Hickmann, Schulte (2009), Jaberipur, Kaivani, Kaivani (2009), Carbunar, Chen, Sion (2012), Deyà et al. (2012). Por fim, outros 27 artigos relacionam a área financeira a diversas outras áreas da computação nos seguintes tópicos: engenharia de software, interface humano computador, serviços web, linha de produto de software, correção de erros, sistemas de aquisição de dados, algoritmo de compactação, protocolo de segurança, cluster de tecnologia, software livre, software aplicativo, hardware, sistemas operacionais, internet.

## 4 | CONCLUSÕES

A investigação, para alcance dos objetivos deste estudo, foi dividida em oito etapas conforme a proposta de revisão sistemática da Cochrane. Inicialmente a pesquisa delimitou os periódicos a serem analisados e a partir do portal de busca da IEEE Xplore recuperou os trabalhos que apresentavam o termo “financeiro”. Como resultado, do mapeamento inicial foram listados 59 periódicos com 200 artigos relacionados ao termo. Tal ação possibilitou identificar as revistas e o período em que houveram publicação sobre o tema, bem como o delineamento de periódicos quanto ao seu fator de impacto científico (JCR).

Cabe observar que apesar de tais textos poderem estar fora do escopo do projeto, foi realizada a análise e coleta dos dados, tendo em vista que a área do periódico ou as informações que constavam no título e resumo de tais textos, em muitos casos, não possibilitou a exclusão de imediato da composição da base da pesquisa. A partir dos arquivos de textos baixados, foram coletados dados dos 200 artigos. Devido a esta pesquisa ter seguido a proposta de revisão sistemática da Cochrane, a qual na 4ª etapa prevê que sejam avaliados os riscos e vieses nos estudos incluídos, foram levantados os JCRs dos 59 periódicos, que permitiu excluir 21 textos da análise por serem publicados em periódicos sem JCR.

Foi realizada a análise macro dos textos (179), na qual se identificou possíveis evoluções quantitativas do tema pesquisado. O tema apresentou uma mediana de 37 artigos publicados no período, com variância de 13,7. A pesquisa no âmbito macro (5ª etapa) possibilitou identificar as instituições em que os autores estão vinculados e o número de autores por publicação. Obteve-se como resultado que a maioria das instituições (97%) realizaram apenas uma publicação no tema, sendo que a Texas A&I

University, IEEE e a University of Dresden foram as instituições que mais produziram individualmente, com 7% e 6% das publicações e que de 91% dos artigos publicados foram produzidos por mais de 3 autores.

Ainda na quinta etapa foi possível atingir os objetivos específicos “identificar os possíveis procedimentos, modelos ou técnicas exploradas nos estudos objeto de análise”, e “descrever o perfil (teórico e/ou empírico) e as características (qualitativa e/ou quantitativa) da produção científica objeto de análise, evidenciando pontos comuns e distintos observados no contexto internacional”. Neste sentido, em relação ao perfil da pesquisa, observou-se que 85% são teórico-empírico e que eles 80% dos textos apresentam características qualitativas. No que se refere aos procedimentos, modelos ou técnicas exploradas nos textos constatou-se que os mais recorrentes foram: Estudos de casos (37%), Simulação (19%) e Estatística (15%).

Na sexta etapa da revisão sistemática, a qual prevê tratar os vieses dos relatórios, observou-se que apesar de os textos serem oriundos de revistas nas mais diversas áreas de conhecimento, terem sido produzidos por diferentes autores, serem oriundos de diversas regiões do globo; foi identificado um viés nos relatórios o qual fez com que alguns textos deixassem de atender ao pressuposto desta pesquisa de “analisar as contribuições científicas e tecnológicas abrangendo a produção científica do cenário internacional da área “Ciências da Computação” vinculado à temática “financeira””, visto que muitos textos não apresentavam de modo concomitante conceitos teóricos vinculados as duas áreas. Neste sentido ao término da sexta etapa foram excluídos da análise mais 72 textos.

Deste modo, na sétima etapa foi realizada novamente a leitura dos textos e se procedeu a análise a fim de apresentar os resultados identificados nos textos. A partir da análise de contexto dos textos apresentados, foram evidenciados que 22 artigos eram relacionados ao foco da presente pesquisa. Pode-se citar ainda que 9 estavam relacionados à predição de preços; 4 na questão de transações financeiras; 3 na questão de simulações financeiras; 2 a respeito de carteira de investimentos; 2 sobre risco financeiro; 2 sobre pagamento; e 1 sobre análise de dados financeiros.

Em relação à predição de preços, a técnica mais utilizada foi a análise computacional de séries temporais, com 4 artigos; e a técnica de redes neurais, aplicada em 2 artigos. Em relação às transações financeiras foram utilizadas as técnicas de algoritmo genético, técnicas eficientes de processamento de ponto flutuante e lógica fuzzy. Em relação às simulações financeiras, foram empregados: agentes inteligentes, algoritmo genético, comparativo de processamento em diferentes arquiteturas. Foram aplicados no âmbito de carteira de investimentos, as técnicas: de lógica fuzzy e simulação computacional. Sobre risco financeiro, os artigos abordaram as técnicas de colônia de formigas e análise de estudos de técnicas de aprendizagem de máquina isoladas ou híbridas. Em relação à pagamentos, foram abordados mecanismos anônimos de transações via serviços de rede e propriedades de segurança para garantia de privacidade. Por fim, na análise de dados financeiros foram abordadas as técnicas de visualização gráfica em

linha de nuvem e lente de aumento.

Ao analisar os resultados obtidos junto às produções científicas, é possível afirmar que o estudo gera contribuição, pois evidencia que as pesquisas realizadas na área financeira primam cada vez mais pela utilização de modelos matemáticos e de técnicas computacionais. Uma das áreas financeiras mais citadas foi em relação a sub-área de previsão de preços. Do ponto de vista computacional, identificou-se grande utilização de técnicas de inteligência artificial, simulação utilizando modelo de Monte Carlo e de programação matemática.

## REFERÊNCIAS

ABDULSALAM, H. B. D. P.; SKILLICORN, H. B. D. P.; MARTIN, H. B. D. P. Classification Using Streaming Random Forests. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 23, n. 1, p. 22-36, 2011.

ABIRI-JAHROMI, A. M. M. M.; FOTUHI-FIRUZABAD, A. M. M. M.; PARVANIA, A. M. M. M.; MOSLEH, A. M. M. M. Optimized Sectionalizing Switch Placement Strategy in Distribution Systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 27, n. 1, p. 362-370, 2012.

AMINIFAR, F. M. M. A.; FOTUHI-FIRUZABAD, F. M. M. A.; SHAHIDEHPOUR, F. M. M. A.; KHODAEI, F. M. M. A. Probabilistic Multistage PMU Placement in Electric Power Systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 26, n. 2, p. 841-849, 2011.

ANGELOU, N. G. A. A.; ECONOMIDES, N. G. A. A. A Decision Analysis Framework for Prioritizing a Portfolio of ICT Infrastructure Projects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 3, p. 479-495, 2008.

ANGELOV, P. P. X.; ZHOU, P. P. X. Evolving Fuzzy-Rule-Based Classifiers From Data Streams. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 16, n. 6, p. 1462-1475, 2008.

ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. The 2012 **ACM Computing Classification System toc**. Disponível em: The 2012 ACM Computing Classification System toc. Acesso em: 23/03/2015.

ASWAL, A. G. P. S. N. G.; PERUMAL, A. G. P. S. N. G.; PRASANNA, A. G. P. S. N. G. **On Basic Financial Decimal Operations on Binary Machines**. **IEEE Transactions on Computers**, v. 61, n. 8, p. 1084-1096, 2012.

AZIT, H. A. M. K.; NOR, H. A. M. K. Optimal Sizing for a Gas-Fired Grid-Connected Cogeneration System Planning. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 24, n. 4, p. 950-958, 2009.

BABAYIGIT, C. P. K. T.; ROCHA, C. P. K. T.; DAS, C. P. K. T. A Two-Tier Matrix Game Approach for Obtaining Joint Bidding Strategies in FTR and Energy Markets. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 3, p. 1211-1219, 2010.

BATISTA, S. R. F. DE GEBER C. A. P. J. N. K. T.; MELO, S. R. F. DE GEBER C. A. P. J. N. K. T.; TEIXEIRA, S. R. F. DE GEBER C. A. P. J. N. K. T.; BAIDYA, S. R. F. DE GEBER C. A. P. J. N. K. T. The Carbon Market Incremental Payoff in Renewable Electricity Generation Projects in Brazil: A Real Options Approach. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 26, n. 3, p. 1241-1251, 2011.

BM&FBOVESPA. **Bolsa de Valores de São Paulo**. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/>.

BOAZ, A., ASHBY, D., AND YOUNG, K. **Systematic Reviews: What have they got to offer**

**evidence-based policy and practice?** .ESRC UK Centre for Evidence Based Policy and Practice. Queen Mary University of London., (2002).

BRINER, ROB B.; DENYER, DAVID. **Systematic Review and Evidence Synthesis as a Practice and Scholarship Tool**. In: The Oxford Handbook of Evidence-Based Management, 2012.

CAMAC, D. R. R. C. M. H.; BASTIDAS, D. R. R. C. M. H.; NADIRA, D. R. R. C. M. H.; DORTOLINA, D. R. R. C. M. H.; MERRILL, D. R. R. C. M. H. Transmission Planning Criteria and Their Application Under Uncertainty. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 4, p. 1996-2003, 2010.

CAO, L. C. M.; ZHANG, L. C. M.; ZHOU, L. C. M. Engineering Open Complex Agent Systems: A Case Study. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Part C (Applications and Reviews), v. 38, n. 4, p. 483-496, 2008.

CAO, Y. H. H.; HE, Y. H. H.; MAN, Y. H. H. SOMKE: Kernel Density Estimation Over Data Streams by Sequences of Self-Organizing Maps. **IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems**, v. 23, n. 8, p. 1254-1268, 2012.

CAO, Y. T. Q.; JIANG, Y. T. Q.; ZHANG, Y. T. Q. Reducing Electricity Cost of Smart Appliances via Energy Buffering Framework in Smart Grid. **IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems**, v. 23, n. 9, p. 1572-1582, 2012.

CARBUNAR, B. Y. R.; CHEN, B. Y. R.; SION, B. Y. R. Tipping Pennies? Privately Practical Anonymous Micropayments. **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**, v. 7, n. 5, p. 1628-1637, 2012.

CARERI, F. C. P. M. S. I.; GENESI, F. C. P. M. S. I.; MARANNINO, F. C. P. M. S. I.; MONTAGNA, F. C. P. M. S. I.; ROSSI, F. C. P. M. S. I.; SIVIERO, F. C. P. M. S. I. Generation Expansion Planning in the Age of Green Economy. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 26, n. 4, p. 2214-2223, 2011.

CHAKRABARTY, S. D.; WHITTEN, S. D. The Sidelining of Top IT Executives in the Governance of Outsourcing: Antecedents, Power Struggles, and Consequences. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 58, n. 4, p. 799-814, 2011.

CHAN, Y. J. V. J. A.; MILANOVIC, Y. J. V. J. A.; DELAHUNTY, Y. J. V. J. A. Risk-Based Assessment of Financial Losses Due to Voltage Sag. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 26, n. 2, p. 492-500, 2011.

CHANG, C. P. Y. C. H. C.; FAN, C. P. Y. C. H. C.; LIU, C. P. Y. C. H. C. Integrating a Piecewise Linear Representation Method and a Neural Network Model for Stock Trading Points Prediction. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Part C (Applications and Reviews), v. 39, n. 1, p. 80-92, 2009.

CHANG, C. P. Y. C.; FAN, C. P. Y. C. A Hybrid System Integrating a Wavelet and TSK Fuzzy Rules for Stock Price Forecasting. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Part C (Applications and Reviews), v. 38, n. 6, p. 802-815, 2008.

CHAO, Y. D. Formal theory of state loss of Siphon-based deadlock prevention. **IET Control Theory & Applications**, v. 5, n. 8, p. 1013-1021, 2011.

CHATTOPADHYAY, D. Modeling Greenhouse Gas Reduction From the Australian Electricity Sector. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 2, p. 729-740, 2010.

CHATZIS, P. S. Hidden Markov Models with Nonelliptically Contoured State Densities. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 32, n. 12, p. 2297-2304, 2010.

CHEN, N. W. J. H. S. H. Z. R. O.; ZHANG, N. W. J. H. S. H. Z. R. O.; CHUNG, N. W. J. H. S. H.

- Z. R. O.; HUANG, N. W. J. H. S. H. Z. R. O.; LIU, N. W. J. H. S. H. Z. R. O. Optimizing Discounted Cash Flows in Project Scheduling—An Ant Colony Optimization Approach. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, v. 40, n. 1, p. 64-77, 2010.
- CHEN, Z. L. Y.; WU, Z. L. Y.; FU, Z. L. Y. Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 3, n. 4, p. 1822-1831, 2012.
- CHIU, H. C. M. T.; CHOI, H. C. M. T. Optimal Pricing and Stocking Decisions for Newsvendor Problem With Value-at-Risk Consideration. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans**, v. 40, n. 5, p. 1116-1119, 2010.
- CORNEA, M. J. C. P. T. P. E. E.; HARRISON, M. J. C. P. T. P. E. E.; ANDERSON, M. J. C. P. T. P. E. E.; TANG, M. J. C. P. T. P. E. E.; SCHNEIDER, M. J. C. P. T. P. E. E.; GVOZDEV, M. J. C. P. T. P. E. E. A Software Implementation of the IEEE 754R Decimal Floating-Point Arithmetic Using the Binary Encoding Format. **IEEE Transactions on Computers**, v. 58, n. 2, p. 148-162, 2009.
- DAS, S. U. M. N.; YAYLACICEGI, S. U. M. N.; MENON, S. U. M. N. The Effect of Information Technology Investments in Healthcare: A Longitudinal Study of its Lag, Duration, and Economic Value. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 58, n. 1, p. 124-140, 2011.
- DENYER, DAVID; TRANFIELD, DAVID. Producing a systematic review . In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.). **The SAGE handbook of organizational research methods**, pp. 671–689. London: SAGE Publications Ltd, 2009.
- DEYA, ISERN P. A. HUGUET L. PAYERAS M. M. MUT M.; ROTGER, ISERN P. A. HUGUET L. PAYERAS M. M. MUT M.; CAPELLA, ISERN P. A. HUGUET L. PAYERAS M. M. MUT M.; PUIGSERVER, ISERN P. A. HUGUET L. PAYERAS M. M. MUT M. Anonymous, Fair and Untraceable Micropayment Scheme: Application to LBS. **IEEE Latin America Transactions**, v. 10, n. 3, p. 1774-1784, 2012.
- DI BENEDETTO, A.; WAYNE S. W; SONG, M. Strategic Capabilities and Radical Innovation: An Empirical Study in Three Countries. **IEEE Transactions on Engineering Management**, Vol. 55, No. 3, pp. 420-433, August 2008.
- DJURIC, M. P. M. E. D.; KHAN, M. P. M. E. D.; JOHNSTON, M. P. M. E. D. Particle Filtering of Stochastic Volatility Modeled With Leverage. **IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing**, v. 6, n. 4, p. 327-336, 2012.
- DOTOLI, M. P. M. G. M. A.; FANTI, M. P. M. G. M. A.; IACOBELLIS, M. P. M. G. M. A.; MANGINI, M. P. M. G. M. A. A First-Order Hybrid Petri Net Model for Supply Chain Management. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 6, n. 4, p. 744-758, 2009.
- ERLE, A. M. J. B. J. M.; HICKMANN, A. M. J. B. J. M.; SCHULTE, A. M. J. B. J. M. Decimal Floating-Point Multiplication. **IEEE Transactions on Computers**, v. 58, n. 7, p. 902-916, 2009.
- FASB – FINANCIAL ACCOUNTING STANDARDS BOARD. ÓRGÃO REGULADOR DO SISTEMA CONTÁBIL NORTE-AMERICANO.** Disponível em: <http://www.fasb.org>. Acesso em: 13/08/2012.
- FIELDS, T., LYS, T., & VINCENT, L. Empirical research on accounting choice . **Journal of Accounting and Economics**, 31(1–3), 255-307, 2001.
- GE, H. S.; ASGARPOOR, H. S. Reliability and Maintainability Improvement of Substations With Aging Infrastructure. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 27, n. 4, p. 1868-1876, 2012.
- GHANDAR, A. Z. M. D. T. R.; MICHALEWICZ, A. Z. M. D. T. R.; SCHMIDT, A. Z. M. D. T. R.; TO, A. Z. M. D. T. R.; ZURBRUGG, A. Z. M. D. T. R. Computational Intelligence for Evolving Trading Rules. **IEEE**



**Transactions on Evolutionary Computation**, v. 13, n. 1, p. 71-86, 2009.

GOMEZ-QUILES, C. A. H.; GIL, C. A. H. Price and Resource-Related Uncertainty in the Estimation of the Revenue of a Wind Farm. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 26, n. 4, p. 2074-2083, 2011.

GULER, T. G. E. R.; GROSS, T. G. E. R.; LITVINOV, T. G. E. R.; COUTU, T. G. E. R. On the Economics of Power System Security in Multi-Settlement Electricity Markets. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 1, p. 284-295, 2010.

HADDAD, G. A. P. G. M.; SANDBORN, G. A. P. G. M.; PECHT, G. A. P. G. M. An Options Approach for Decision Support of Systems With Prognostic Capabilities. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 61, n. 4, p. 872-883, 2012.

HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions** Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration.

HORTON, JOANNE; SERAFEIM, GEORGE; SERAFEIM, IOANNA. Does Mandatory IFRS Adoption Improve the Information Environment. **Contemporary Accounting Research**, Wiley Online Library, V. 29, N. 3, 2012.

HUANG, H. M. C.; PASQUIER, H. M. C.; QUEK, H. M. C. Financial Market Trading System With a Hierarchical Coevolutionary Fuzzy Predictive Model. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 13, n. 1, p. 56-70, 2009.

HYNDMAN, J. R. S.; FAN, J. R. S. Density Forecasting for Long-Term Peak Electricity Demand. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 2, p. 1142-1153, 2010.

IATRID, GEORGE. International Financial Reporting Standards and the quality of financial statement information. **International Review of Financial Analysis**, Elsevier, V. 19, N. 3, P. 193-204, 2010.

**IEEE XPLORE**®. IEEE Xplore is a digital library for discovery and access to scientific and technical content published by the IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) and its publishing partners. Disponível em: <http://IEEEExplore.IEEE.org>. Acesso em: 07/08/2012.

**IFRS FOUNDATION – INTERNATIONAL FINANCIAL REPORTING STANDARDS FOUNDATION.** A fundação IFRS é uma organização independente, privada e sem fins lucrativos. Disponível em: <http://www.ifrs.org>. Acesso em: 13/08/2012.

JABERIPUR, G. A.; KAIVANI, G. A. Improving the Speed of Parallel Decimal Multiplication. **IEEE Transactions on Computers**, v. 58, n. 11, p. 1539-1552, 2009.

JOSHI, R. D. H. S.; JANGAMSHETTI, R. D. H. S. A Novel Method to Estimate the O&M Costs for the Financial Planning of the Wind Power Projects Based on Wind Speed – A Case Study. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 25, n. 1, p. 161-167, 2010.

KANG, D. K. Y. J.; ZHOU, D. K. Y. J.; OH, D. K. Y. J. Estimating and Enhancing Real-Time Data Service Delays: Control-Theoretic Approaches. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 23, n. 4, p. 554-567, 2011.

KIENZLE, F. P. G.; AHCIN, F. P. G.; ANDERSSON, F. P. G. Valuing Investments in Multi-Energy Conversion, Storage, and Demand-Side Management Systems Under Uncertainty. **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, v. 2, n. 2, p. 194-202, 2011.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O. P. B. D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering. A systematic literature review, **Information and Software Technology**, v.51 n.1, p.7-15, January, 2009.

- KREJNIK, M. A.; TYUTIN, M. A. Reproducing Kernel Hilbert Spaces With Odd Kernels in Price Prediction. **IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems**, v. 23, n. 10, p. 1564-1573, 2012.
- LIAN, X. L. X. J. J. J.; CHEN, X. L. X. J. J. J.; YU, X. L. X. J. J. J.; HAN, X. L. X. J. J. J.; MA, X. L. X. J. J. J. Multiscale Representations for Fast Pattern Matching in Stream Time Series. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 21, n. 4, p. 568-581, 2009.
- LIAN, X. L.; CHEN, X. L. Efficient Similarity Search over Future Stream Time Series. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 20, n. 1, p. 40-54, 2008.
- LIN, Y. W. H. Y. F. C.; HU, Y. W. H. Y. F. C.; TSAI, Y. W. H. Y. F. C. Machine Learning in Financial Crisis Prediction: A Survey. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Part C (Applications and Reviews), v. 42, n. 4, p. 421-436, 2012.
- LINGRAS, P. M. D.; CHEN, P. M. D.; MIAO, P. M. D. Rough Cluster Quality Index Based on Decision Theory. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 21, n. 7, p. 1014-1026, 2009.
- LUI, M. K. C. C. K.; CHAN, M. K. C. C. K. Rescuing Troubled Software Projects by Team Transformation: A Case Study With an ERP Project. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 1, p. 171-184, 2008.
- MAHMOUD, E. M. X.; SHEN, E. M. X. An Integrated Stimulation and Punishment Mechanism for Thwarting Packet Dropping Attack in Multihop Wireless Networks. **IEEE Transactions on Vehicular Technology**, v. 60, n. 8, p. 3947-3962, 2011.
- MARTINEZ-JARAMILLO, S. K. P. E.; TSANG, S. K. P. E. An Heterogeneous, Endogenous and Coevolutionary GP-Based Financial Market. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 13, n. 1, p. 33-55, 2009.
- MARTINS, ORLEANS SILVA; PAULO, EDILSON. RCO – **Revista de Contabilidade e Organizações** – FEA-RP/USP, v. 4, n. 9, p. 30-54, maio/agosto, 2010.
- MILANOVIC, V. J. Y.; ZHANG, V. J. Y. Global Minimization of Financial Losses Due to Voltage Sags With FACTS Based Devices. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 25, n. 1, p. 298-306, 2010.
- MILEA, V. F. U.; FRASINCAR, V. F. U.; KAYMAK, V. F. U. tOWL: A Temporal Web Ontology Language. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, Part B (Cybernetics), v. 42, n. 1, p. 268-281, 2012.
- MILLER, B. P. J.; CLARKE, B. P. J. Strategic Guidance in the Development of New Aircraft Programs: A Practical Real Options Approach. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 4, p. 566-578, 2008.
- MO, J. Y. M.; YIN, J. Y. M.; GAO, J. Y. M. State of the Art of Correlation-Based Models of Project Scheduling Networks. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 2, p. 349-358, 2008.
- MOHAMMADNEZHAD-SHOURKAEI, H. A. M.; ABIRI-JAHROMI, H. A. M.; FOTUHI-FIRUZABAD, H. A. M. Incorporating Service Quality Regulation in Distribution System Maintenance Strategy. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 26, n. 4, p. 2495-2504, 2011.
- MOLINA, D. J. H.; RUDNICK, D. J. H. Transmission of Electric Energy: a Bibliographic Review. **IEEE Latin America Transactions**, v. 8, n. 3, p. 245-258, 2010.
- MORALES, M. J. P. H.; PINSON, M. J. P. H.; MADSEN, M. J. P. H. A Transmission-Cost-Based Model to Estimate the Amount of Market-Integrable Wind Resources. **IEEE Transactions on Power**

**Systems**, v. 27, n. 2, p. 1060-1069, 2012.

NYSE. The New York Stock Exchange . Disponível em: <https://www.nyse.com/>.

OLSINA, F. C.; WEBER, F. C. Stochastic Simulation of Spot Power Prices by Spectral Representation. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 24, n. 4, p. 1710-1719, 2009.

PINEDA, S. J. A. M.; CONEJO, S. J. A. M.; CARRION, S. J. A. M. Impact of Unit Failure on Forward Contracting. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 4, p. 1768-1775, 2008.

PLATIS, N. A. G. E.; DROSAKIS, N. A. G. E. Coverage Modeling and Optimal Maintenance Frequency of an Automated Restoration Mechanism. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 58, n. 3, p. 470-475, 2009.

PONTA, L. E. M. S.; SCALAS, L. E. M. S.; RABERTO, L. E. M. S.; CINCOTTI, L. E. M. S. Statistical Analysis and Agent-Based Microstructure Modeling of High-Frequency Financial Trading. **IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing**, v. 6, n. 4, p. 381-387, 2012.

RAVICHANDRAN, T. S. I.; HAN, T. S. I.; HASAN, T. S. I. Effects of Institutional Pressures on Information Technology Investments: An Empirical Investigation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 56, n. 4, p. 677-691, 2009.

SALAZAR, H. C. C. F. R.; LIU, H. C. C. F. R.; CHU, H. C. C. F. R. Market-Based Rate Design for Recovering Merchant Transmission Investment. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 1, p. 305-312, 2010.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Systematic review studies: a guide for careful synthesis of the scientific evidence . **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p. 77-82, jan./fev. 2007.

SANCHEZ, J. J. W. D. E. J.; BUNN, J. J. W. D. E. J.; CENTENO, J. J. W. D. E. J.; BARQUIN, J. J. W. D. E. J. Dynamics in Forward and Spot Electricity Markets. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 24, n. 2, p. 582-591, 2009.

SARKAR, V. A. S.; KHAPARDE, V. A. S. Optimal LMP Decomposition for the ACOPF Calculation. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 26, n. 3, p. 1714-1723, 2011.

SAUVE, J. R. R. A. C.; SANTOS, J. R. R. A. C.; REBOUCAS, J. R. R. A. C.; MOURA, J. R. R. A. C.; BARTOLINI, J. R. R. A. C. Change Priority Determination in IT Service Management Based on Risk Exposure. **IEEE Transactions on Network and Service Management**, v. 5, n. 3, p. 178-187, 2008.

SORTOMME, E. A. M.; EL-SHARKAWI, E. A. M. Optimal Scheduling of Vehicle-to-Grid Energy and Ancillary Services. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 3, n. 1, p. 351-359, 2012.

SU, N. N.; LEVINA, N. N. Global Multisourcing Strategy: Integrating Learning From Manufacturing Into IT Service Outsourcing. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 58, n. 4, p. 717-729, 2011.

TAGUE, P. S. A. J. R.; NABAR, P. S. A. J. R.; RITCEY, P. S. A. J. R.; POOVENDRAN, P. S. A. J. R. Jamming-Aware Traffic Allocation for Multiple-Path Routing Using Portfolio Selection. **IEEE/ACM Transactions on Networking**, v. 19, n. 1, p. 184-194, 2011.

THOMSON REUTERS. **Journal Citations Reports**. Disponível em: <http://thomsonreuters.com/>. Acesso em: 27/05/2014.

TOR, B. O. N. A. M.; GUVEN, B. O. N. A. M.; SHAHIDEHPOUR, B. O. N. A. M. Congestion-Driven Transmission Planning Considering the Impact of Generator Expansion. **IEEE Transactions on Power**

**Systems**, v. 23, n. 2, p. 781-789, 2008.

VEGUNTA, C. S. V. J.; MILANOVIC, C. S. V. J. Estimation of Cost of Downtime of Industrial Process Due to Voltage Sags. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 26, n. 2, p. 576-587, 2011.

WU, L. M. Z.; SHAHIDEHPOUR, L. M. Z.; LI, L. M. Z. GENCO's Risk-Constrained Hydrothermal Scheduling. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 4, p. 1847-1858, 2008.

WU, J.; GUAN, X. Risk-averse strategic gaming in forward and spot electricity markets Generation . **Transmission & Distribution; IET** 6, n. 5, p. 453 - 462, May, 2012.

XU, H. C. S.; CARAMANIS, H. C. S.; SANGHAVI, H. C. S. Robust PCA via Outlier Pursuit. **IEEE Transactions on Information Theory**, v. 58, n. 5, p. 3047-3064, 2012.

YU, N. L. C. C.; TEFATSION, N. L. C. C.; LIU, N. L. C. C. Financial Bilateral Contract Negotiation in Wholesale Electricity Markets Using Nash Bargaining Theory. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 27, n. 1, p. 251-267, 2012.

ZHANG, L. N. P.; LIU, L. N. P.; YU, L. N. P. A Novel Instantaneous Frequency Algorithm and Its Application in Stock Index Movement Prediction. **IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing**, v. 6, n. 4, p. 311-318, 2012.

ZORGATI, R. VAN W. R.; ACKOOIJ, R. VAN W. R.; APPARIGLIATO, R. VAN W. R. Supply Shortage Hedging: Estimating the Electrical Power Margin for Optimizing Financial and Physical Assets With Chance-Constrained Programming. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 24, n. 2, p. 533-540, 2009.

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

**Estevão Cristian da Silva Leite**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ campus Belford Roxo – Rio de Janeiro

**RESUMO:** De acordo com a legislação brasileira as instituições responsáveis pela negociação de ativos no mercado precisam criar mecanismos de controle e adequação de produtos financeiros aos objetivos dos novos clientes. Contudo o número de pessoas físicas atuantes no mercado ainda é muito pequeno e a principal razão é a falta de educação financeira. A presente pesquisa constitui-se como um mapeamento do perfil de novos investidores do mercado de valores mobiliário brasileiro e caracteriza-se como um estudo de caso. Buscou-se identificar as razões pelas quais, boa parte dos brasileiros iniciar seus investimentos optam pela poupança, além de pretender contribuir com medidas que visam promover a diversificação e adequação de produtos financeiros aos perfis dos investidores. Em relação aos aspectos metodológicos, realizou-se uma revisão das bases conceituais sobre o sistema financeiro e na sequência desenvolveu-se a parte empírica, por meio da aplicação de questionários a investidores entrantes no mercado de capitais. Os resultados da pesquisa indicam que por uma questão cultural, distanciamento da linguagem

utilizada nos produtos financeiros e a burocracia tributária afastam os brasileiros da maior parte dos investimentos disponíveis no mercado, caracterizando um perfil mais conservador. Mas no que diz respeito a ganhos os investidores estão dispostos a assumir maiores riscos em busca de maiores rentabilidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Novos investidores; Mercado de valores mobiliários brasileiro; poupança; Educação Financeira.

**ABSTRACT:** According to Brazilian legislation, institutions responsible for trading assets in the market must create mechanisms to control and adapt financial products to the objectives of new clients. However, the number of individuals active in the market is still very small and the main reason is the lack of financial literacy. This research is a mapping of the profile of new investors in the Brazilian securities market and is characterized as a case study. It was tried to identify the reasons why, a lot of Brazilians start their investments opt for savings, besides intending to contribute with measures that aim to promote the diversification and adequacy of financial products to the profiles of the investors. In relation to the methodological aspects, a conceptual review of the financial system was carried out, and the empirical part was developed through the application of questionnaires to incoming investors in the capital market. The

results of the research indicate that, due to a cultural issue, distancing from the language used in financial products and the tax bureaucracy, Brazilians take away most of the investments available in the market, characterizing a more conservative profile. But with regard to earnings investors are willing to take greater risks in search of higher returns.

**KEYWORDS:** New investors; Brazilian securities market; savings; Financial Literacy.

## 1 | INTRODUÇÃO

O mercado de valores mobiliários brasileiro encontra-se em franco desenvolvimento. Contudo o número de investidores ainda é pequeno se comparado ao quantitativo daqueles que utilizam a Caderneta de Poupança, como primeira alternativa.

A principal finalidade do mercado de capitais é atender as necessidades de investimento, possibilitando as empresas e público em geral a participar no capital das empresas. (FACCINI, 2011)

A realização da presente pesquisa se justifica na medida em que considera que a tomada de conhecimento do perfil dos novos investidores pode: a) ajudar a entender o porquê boa parte dos brasileiros ao tomarem a decisão de investimento decide pela Caderneta de Poupança; b) colaborar para o desenvolvimento de medidas que visam promover a diversificação e a adequação de produtos ao perfil dos investidores; c) contribuir para produção de trabalho científico na área do conhecimento da Educação Financeira.

Num primeiro momento o autor desenvolve os fundamentos teóricos sobre o mercado financeiro e de valores mobiliários, além de uma breve argumentação sobre o sistema financeiro nacional, apresentando seus respectivos conceitos, organização e principais instituições responsáveis. Ainda nesse capítulo são informadas as principais características da poupança e a instrução da CVM que regulamenta a análise do perfil do investidor.

Na sequência foi desenvolvida a parte empírica da pesquisa. Sendo utilizada uma amostra de um universo de cerca de quatrocentos novos investidores de uma corretora de valores do Rio de Janeiro. Os dados levantados foram úteis por se tratar do foco da investigação e que ao serem confrontados com a parte teoria, permitiram o mapeamento do o perfil de novos investidores.

O Sistema Financeiro Nacional - SFN – é o conjunto de instituições públicas e privadas, bem como toda a regulação jurídica para a regulação destas, responsáveis pela organização, operacionalização e fiscalização do mercado financeiro brasileiro. (FACCINI, 2011).

A Figura 1 apresenta o Organograma do Sistema Financeiro Nacional., incluindo todas as instituições responsável pela regulamentação, fiscalização e acompanhamento do mercado financeiro.

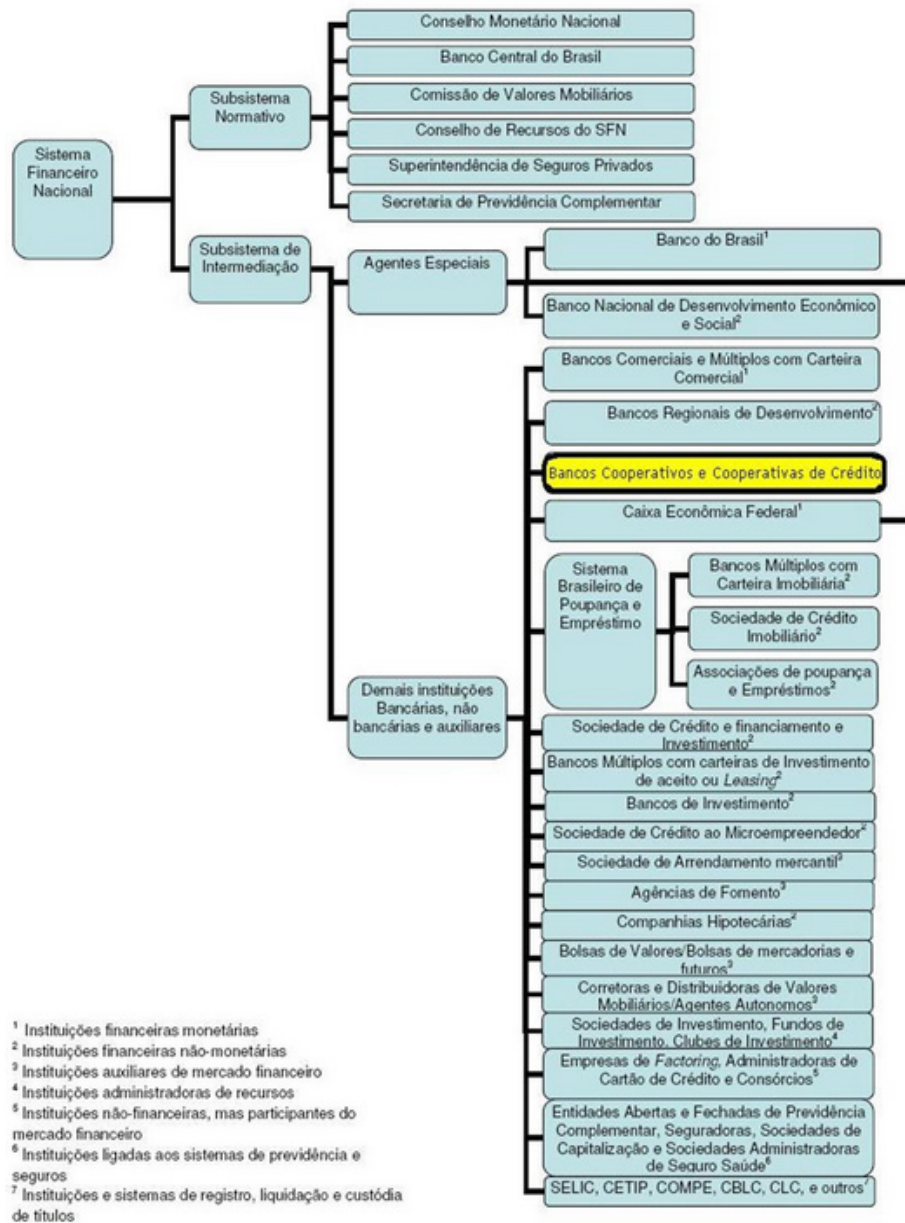


Figura 1 – Organograma do Sistema Financeiro Nacional

Fonte: Portal do cooperativismo de crédito (2014)

Em 1964 foi promovida a reorganização do SFN, o que redefiniu boa parte da atuação das instituições financeiras de caráter público e privado. Desde então a legislação vem sendo aperfeiçoada.

Na tabela 1 descrevemos as principais leis dos Mercados de Valores Mobiliários que faz parte do objeto do presente estudo.

Diploma Legal (Referência e Apelido)	Objetivos essenciais
Lei nº 4.595 de 31/12/1964 “Lei da Reforma Bancária”	Estímulo à poupança nacional, à época incipiente em função da falta de mecanismos de proteção contra a inflação e sua centralização para financiar os investimentos produtivos.
Lei nº 4.728 de 14/07/1965 “Lei do Mercado de Capitais”	Criação do CMN - Conselho Monetário Nacional e do BACEN - Banco Central do Brasil. Reestruturação do Mercado de Capitais. Regulamentação das instituições integrantes do sistema de distribuição de títulos e valores mobiliários, como bolsa de valores, sociedades corretoras e bancos de investimento.
Lei nº 6.385 de 07/12/1976 “Lei da CVM”	Criação para regulamentar e fiscalizar o mercado de ações, efetuar o registro e fiscalização das companhias abertas e das distribuições públicas dos títulos por elas emitidos; punir agentes do mercado por infrações cometidas.
Lei nº 6.404 de 15/12/1976 “Lei das SAs”	Estabelecimento de regras para as sociedades anônimas, incluindo sua constituição, composição acionária, tipos de ações, direitos e deveres dos seus acionistas.
Lei nº 10.303 de 31/10/2001 “Nova Lei das SAs”	Aperfeiçoamento da Lei nº 6.404, especialmente quanto a ampliação dos direitos dos acionistas minoritários.
Instrução CVM Nº 409 de 18/12/2004 “Regulamentação dos Fundos”	Regulamentação da Constituição, administração, funcionamento, classificação e divulgação de informações dos fundos de investimento.
Instrução CVM nº 461 de 23/10/2007 “Nova Regra das Bolsas”	Renovação da regulamentação das bolsas de valores, bolsas de mercadorias e futuros e mercadoria de balcão organizado.
Instrução CVM nº 539 de 13/11/2013 “Normas de <i>Suitability</i> ”	Traz regras para adequar produtos, serviços e operações financeiras ao perfil do cliente, chamado <i>Suitability</i> .

Fonte: FACCINI, 2011, f. 4.

O Conselho Monetário Nacional é o organismo maior do SFN, presidido pelo Ministro da Fazenda, é quem define as diretrizes de atuação do sistema. Diretamente



Ligados a ele estão o Banco Central do Brasil, que atua como seu órgão executivo, e a Comissão de Valores Mobiliários, que responde pela regulamentação e fomento do mercado de valores mobiliários

## 2 | MERCADO FINANCEIRO E DE CAPITAIS

No mercado financeiro o dinheiro é o principal objeto de negociação. É onde quem tem mais, empresta a quem tem menos. Ou seja, tem como principal objetivo transferir recurso dos agentes superavitários para os agentes deficitários.

O Mercado Financeiro é dividido em Mercado de Crédito, Mercado Monetário, Mercado de Câmbio e Mercado de Capitais ( ou de Valores Mobiliários). A Figura 2 descreve a divisão e as características das operações de cada Mercado.

<b>Critério</b>	<b>Características e tipos de operações</b>
De Crédito	Supre as necessidades de crédito de curto e médio prazos; por exemplo, capital de giro para empresas e consumo para as famílias.
De Capitais	Supre as necessidades de financiamento de longo prazo; por exemplo, investimentos para as empresas e aquisição de bens duráveis para as famílias.
Monetário	Supre as necessidades do governo de fazer política monetária e dos agentes e intermediários de caixa. Nesse segmento são realizadas operações de curto e curtíssimo prazos e sua liquidez é regulada pelas autoridades monetárias.
Cambial	Supre as necessidades quanto à realização das operações de compra e venda de moeda estrangeira.

Figura 2 – Divisão do Mercado Financeiro.

### 2.1 Mercado de capitais (ou de valores mobiliários)

O Mercado de Capitais é um sistema de distribuição de títulos e valores mobiliários, que tem como finalidade proporcionar liquidez aos títulos de emissão de empresas viabilizando o processo de capitalização.

Dentre as principais finalidades, FACCINI (2011, p.3) destaca o seguinte:

A finalidade Essencial do Mercado de Capitais é atender as necessidades de investimento das empresas e possibilitar a participação no capital das empresas abertas ou no seu passivo de longo prazo.

De acordo com o portal do investidor uma das principais funções do mercado de capitais é possibilitar que as companhias emissoras de valores mobiliários, com o intuito de viabilizar projetos de investimento, captem recursos diretamente do público investidor em condições mais vantajosas do que as oferecidas pelos empréstimos e financiamentos bancários. Quando as companhias decidem levantar recursos dessa forma, elas realizam uma nova emissão de valores mobiliários no mercado. (PORTAL

### 2.1.1 Estrutura do mercado de capitais (ou valores mobiliários)

O Mercado de Capitais é constituído pelas Bolsas de Valores e pelas Instituições financeiras autorizadas, sendo dividido em Mercado Primário e Mercado Secundário.

#### 2.1.1.1 Mercado primário

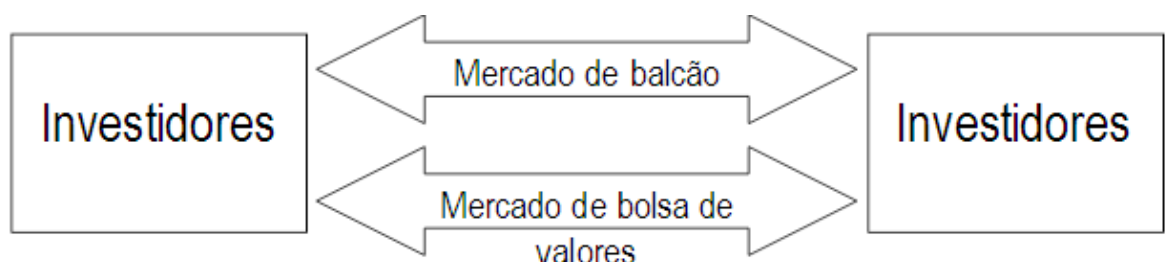
O Mercado Primário é onde os valores mobiliários são lançados no mercado, sendo negociado entre empresa e o investidor, e os recursos captados são destinados para novos projetos de investimentos, aquisições, pagamentos de dívidas, ou mesmo o caixa das empresas. O lançamento também é conhecido como Oferta Pública Inicial (usualmente referida como IPO, do inglês *Initial Public Offering*). Ainda existe a possibilidade de uma nova emissão de ativos, quando ela já tem papéis negociados no mercado financeiro, disponibilizando mais uma parte da empresa a venda em forma de valores mobiliários.

Para que as empresas façam uma Oferta Pública Inicial é necessário abrir um processo para registro junto a CVM - Comissão de Valores Mobiliários, cumprindo todas as exigências feitas pela autarquia. Os títulos são colocados a disposição do público em geral e todas as informações devem estar disponíveis no prospecto, descrevendo todas as características da emissão e da empresa. A distribuição é feita através da intermediação de instituições financeiras, como Corretoras de Valores, Distribuidoras de Títulos e Valores Mobiliários, Bancos Múltiplos, Bancos de Investimento, dentre outros.

#### 2.1.1.2 Mercado secundário

O Mercado secundário não traz novos recursos para a empresa, já que não emite novos ativos para o mercado. O processo é apenas de troca de títulos entre os investidores. Sendo o local onde os investidores negociam os valores mobiliários entre si, ou seja, comprando e vendendo os ativos. Esse processo garante liquidez ao Mercado de Capitais, promovendo a movimentação dos títulos emitidos no Mercado Primário.

As operações no Mercado Secundário podem ser realizadas no ambiente de bolsa de valores ou mesmo no mercado de balcão organizado. Conforme Figura 4.



.Figura 3 – Negociação no Mercado Secundário.  
Fonte: adaptado Faccini,(2011).

As principais diferenças entre o Mercado Primário e o Secundário é que no primário as empresas lançam os títulos e captam recursos, as demais operações de compra e venda realizadas com os ativos caracterizam-se como sendo do mercado secundário já que o recurso não vai para a empresa e sim é trocado entre os investidores. Conforme na Figura 5.

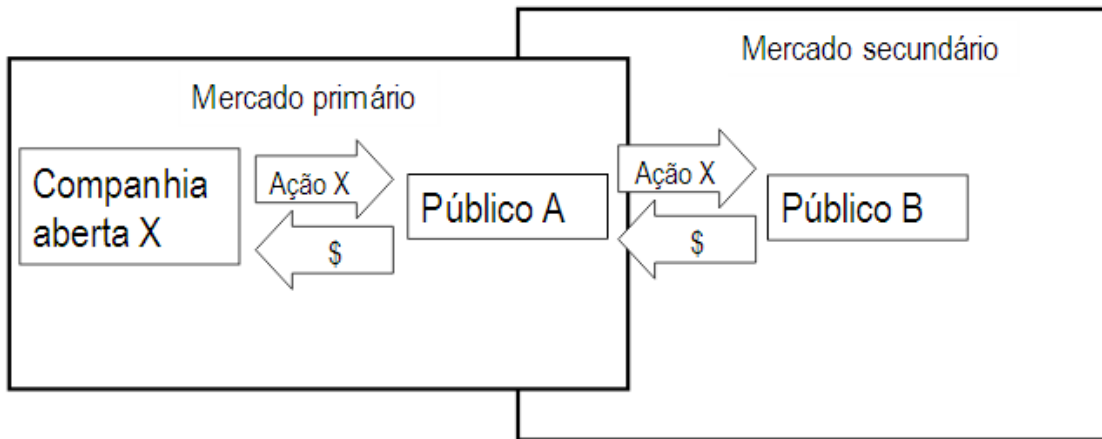


Figura 4 – Mercado primário e secundário.

Fonte: adaptado Faccini,(2011).

## 2.2 Poupança e investimentos

Para a economia o conceito de poupança está diretamente ligado a renda. Nas sociedades em que a economia é equilibrada, toda a renda que não é consumida é chamada de poupança. Ou seja, a poupança é tudo que um indivíduo ganha e não gasta com o consumo imediato.

A Caderneta de Poupança é o serviço que as instituições financeiras oferecem para as pessoas que não consomem toda a sua renda possibilitando a destinação para outras atividades econômicas, como por exemplo, quando é realizado um depósito na poupança, o banco empresta o recurso para outras clientes cobrando juros mais alto do que remunera o poupador, desta forma mantendo o bom funcionamento do sistema financeiro.

De acordo com o art. 12 da Lei nº 8.177, de 1º de março de 1991, com a redação dada pela Medida Provisória nº 567, de três de maio de 2012, e art. 7º da Lei nº 8.660, de 28 de maio de 1993. a remuneração da poupança é composta de duas parcelas, a remuneração básica, dada pela TR – Taxa referencial e a segunda de 0,50%, enquanto a Taxa Selic ao ano for superior a 8,5%, ou de 70% da meta da Taxa Selic ao ano, vigente na data de início do período de rendimento, enquanto a Taxa Selic ao ano for igual ou inferior a 8,5%.

De forma muito inteligente os bancos investem os recursos e conseguem uma remuneração maior do que é pago na poupança, ganhando assim um *spread*, pela diferença da rentabilidade.

	Motivação 1	Motivação 2	Motivação 3	Comentários
Poupar	segurança	liquidez	lucratividade	Poupança oferece conveniência mercadológica
Ser credor	segurança	lucratividade	liquidez	Títulos de crédito buscam melhor rendimentos via juros de mercado
Participar	liquidez	lucratividade	segurança	Aceita o risco em busca de um prêmio: lucro > juros de mercado no mercado de ações
Possuir	lucratividade	segurança	liquidez	É dono da empresa; sua motivação é a de produzir; não pensa em vendê-la

Figura 5 - Principais motivações na hora de investir

### 2.3 Instrução CVM Nº 539 de 13 de novembro de 2013

Esta instrução dispõe sobre o dever de verificação da adequação dos produtos, serviços e operações ao perfil do Investidor.

No capítulo I Art. 1º determina que as pessoas habilitadas a negociar valores mobiliários não podem recomendar produtos, serviços e operações que não sejam de acordo com o perfil do cliente. Conforme Anexo B.

No capítulo II as pessoas referidas no Art. 1º, devem verificar se os produtos ou serviços são adequados aos objetivos dos clientes, se a condição financeira do cliente está de acordo com o que é recomendado e se o cliente possui conhecimento e interesse necessário para determinados investimentos. Analisando o período em que o cliente deseja manter o investimento, as preferências do cliente para assumir riscos, a finalidade do investimento.

Já no capítulo III (CVM, 2013) dispõe sobre as categorias de produtos buscando classificar os produtos financeiros para adequação aos perfis dos clientes do mercado de capitais. Dentre os aspectos mínimos que devem ser considerados, destaca-se (i) os riscos associados aos produtos e seus ativos subjacentes; (ii) o perfil dos emissores e prestadores de serviços associados aos produtos; (iii); a existência ou não de garantias; (iv) e por fim, os prazos de carência.

### 2.4 Mercado de capitais brasileiro

A bolsa está cada vez menos popular. E não é apenas pelo fato de Ibovespa enfrentar tempos difíceis nos últimos anos. Há mais de uma década a BM&FBovespa tenta atrair pequenos investidores para o mercado brasileiro de ações. Mas os números recentes desmentem uma projeção de cinco milhões de pessoas físicas operando no mercado de capitais brasileiro. Em contrapartida a poupança bate sucessivos recordes de captação, apesar do baixo rendimento.

Quando se examina a história recente, parece claro que o maior desafio da

economia brasileira é a retomada do desenvolvimento econômico, principalmente se comparado a outros países com as mesmas características que o Brasil. (BACHA, 2005).

No início de 2002 quando eram cerca de oitenta e cinco mil investidores pessoas físicas cadastrados na bolsa. Dos anos de 2006 a 2008 o número de investidores na bolsa praticamente dobrou, chegando a um recorde da série de seiscentos e trinta e sete mil investidores em Maio de 2013.

Mesmo com o aumento, o número de investidores na bolsa está muito aquém do projetado. Dentre as principais dificuldades encontradas no mercado podemos citar a falta de educação financeira, a burocracia tributária, insegurança quanto a futuras crises, desconhecimento de regras do mercado de capitais, dentre outros fatores.

Com uma linguagem inacessível, boa parte da população fica distante da bolsa de valores. De acordo com o Serviço de Proteção ao Crédito (2014) seis em cada dez brasileiros tem o hábito de quando pensa em investimento, a primeira opção que vem a cabeça é a poupança. Sem levar em consideração que existem outras opções de investimentos com tanta segurança quanto a poupança e ainda que podem oferecer ganhos maiores.

No Gráfico 1 apresentamos a evolução do número de pessoas físicas que possuem uma conta ativa na bolsa de valores brasileira.

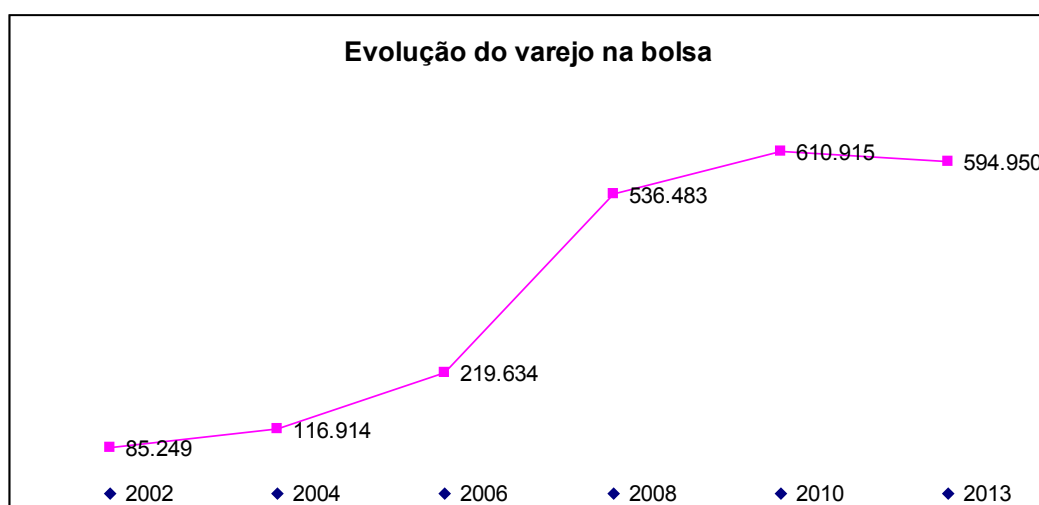


Gráfico 1 – Evolução do varejo na bolsa

Fonte: adaptado BM&FBOVESPA,(2014).

### 3 | METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo descritivo-exploratória e documental. Podendo ser classificada como qualitativa com considerações quantitativas. Foram realizados levantamento e revisão de literatura referente a temática em estudo. A investigação se deu por meio de um estudo de caso e compreenderá parte empírica.

O universo de estudo é constituído por novos investidores que recorreram a uma corretora de valores de médio porte, situada na cidade do Rio de Janeiro, no mês de abril de 2014. A coleta de dados foi feita mediante a análise do questionário, previamente definido pela CVM e aplicado pela Corretora aos novos investidores, para o mapeamento de perfil. Em relação aos aspectos estatísticos de uma população de cerca de 400 novos investidores, foi retirada uma amostra de 18 investidores, considerando um erro amostral de +/- 10% e um Split de 80/20.

#### 4 | ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi realizada em uma Corretora de Valores do Rio de Janeiro situada no bairro de Botafogo. Com cerca de duzentos funcionários é classificada como uma empresa de médio porte, porém faz parte de um dos maiores grupos financeiros do Brasil. Considerada uma das mais notáveis corretoras atuantes no mercado de capitais brasileiro, foi destacada no ano de 2013 como a Corretora de Valores com a melhor carteira recomendada. Abrange atendimento a clientes pessoas físicas e jurídicas a nível nacional e possui um quadro de mais de quarenta agentes autônomos espalhados por todo Brasil.

O atendimento aos clientes é feito pela mesa de operadores do varejo, responsável pelas pessoas físicas e pela mesa institucional responsável pelas pessoas jurídicas. Os profissionais possuem certificação do Mercado de Capitais como a CPA-20 concedido pela ANBIMA e o PQO – Programa de Qualificação Operacional da BM&FBOVESPA.

A Corretora atende a todas as normas exigidas pela CVM, principalmente no que diz respeito ao cadastro e obtenção das informações para realização da Análise do Perfil do Investidor.

O pesquisador teve a experiência de atuar como operador de mesa varejo, prestando assessoria de investimento para clientes entrantes na Corretora de Valores, além da de assessoria para clientes que já possuem conta. A assessoria é feita com base nas informações prestadas pelos clientes no momento do cadastro, visando adequar as recomendações feitas por analistas da corretora com os objetivos e disponibilidade financeira dos investidores.

Para um investidor que pretende começar a aplicar recursos com a intermediação da Corretora de Valores é necessário que seja feito um cadastro no portal da corretora, e mesmo não finalizando a abertura da conta, ele tem um período de experimentação de até trinta dias, para acompanhar os relatórios, recomendações e principalmente obter mais informações sobre o Mercado de Capitais e os principais investimentos disponíveis. Decidindo pela abertura de conta o investidor é orientado a concluir o cadastro e encaminhar toda documentação necessária. As partes do cadastro relevantes para a pesquisa são os preenchimentos da situação financeira patrimonial e do Questionário de Análise do Perfil do Investidor.

A pesquisa tem como base o questionário aplicado a um universo de cerca de

400 clientes que abriram conta no mês de abril de 2014. Foi utilizada uma amostra de 18 questionários, 4,5% da totalidade.

Foram definidas previamente quatro categorias de análise, a saber: Conhecimento/ Interesse, Perfil decisório, Projeção e Risco.

#### 4.1 Conhecimento / interesse

Conforme a instrução nº 539 da CVM, é fundamental que os produtos financeiros sejam adequados ao grau de conhecimento e interesse dos investidores.

De um universo de dezoito novos investidores todos dizem ter conhecimento do mercado de ações, dessa totalidade 61% possuem baixo conhecimento sobre o assunto, porém 89% possuem interesse.

Pode-se investir no mercado de ações em diversos ativos com características específicas, como por exemplo: ações de empresas que possuem um bom desempenho e são considerados mais conservadores pela análise fundamentalista, que leva em consideração dentre outros fatores, se o negócio está consolidado, boa classificação de risco pelas agências de *rating*. Existem ações consideradas investimentos moderados, quando seu mercado está em expansão, e sua classificação de risco. É possível ainda investir em ações consideradas arrojadas, como quando negócio está em fase de implantação e o investimento é feito a partir de especulação, onde normalmente a classificação de risco ainda não apresenta níveis mínimo de segurança.

No caso do investimento em opções 50% dos pesquisados dizem não ter nenhum conhecimento sobre o derivativo e tampouco interesse no investimento. Uma das características do mercado de opções e que podem ser usadas em operações estruturadas de proteção, ou mesmo para especular no mercado. Os Gráficos 2 e 3 indicam que mesmo possuindo baixo conhecimento, os investimentos que trazem maior interesse são Ações e Títulos Públicos.

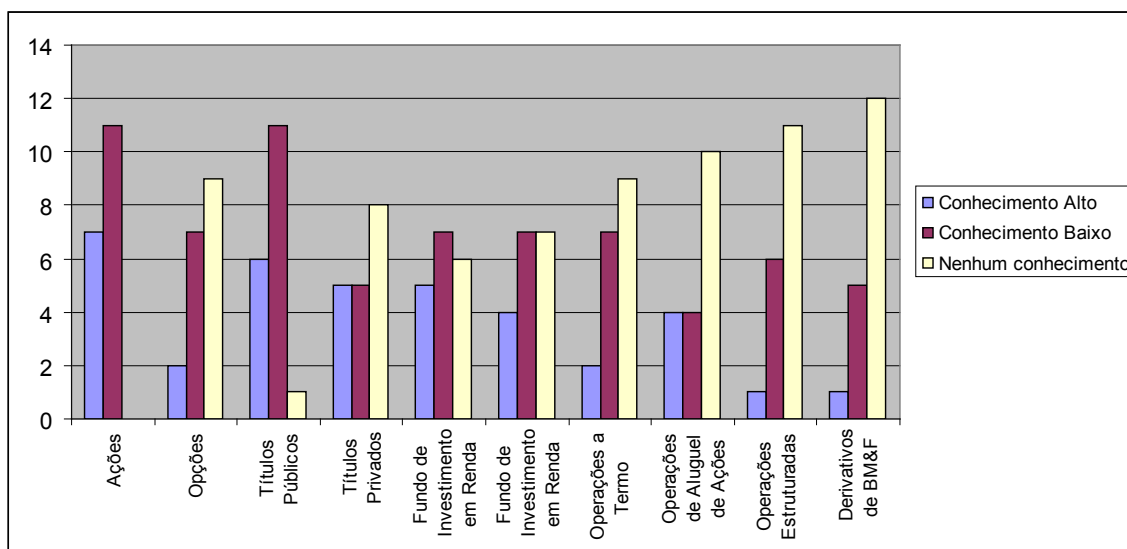


Gráfico 2 – Nível de conhecimento em Produtos Financeiros

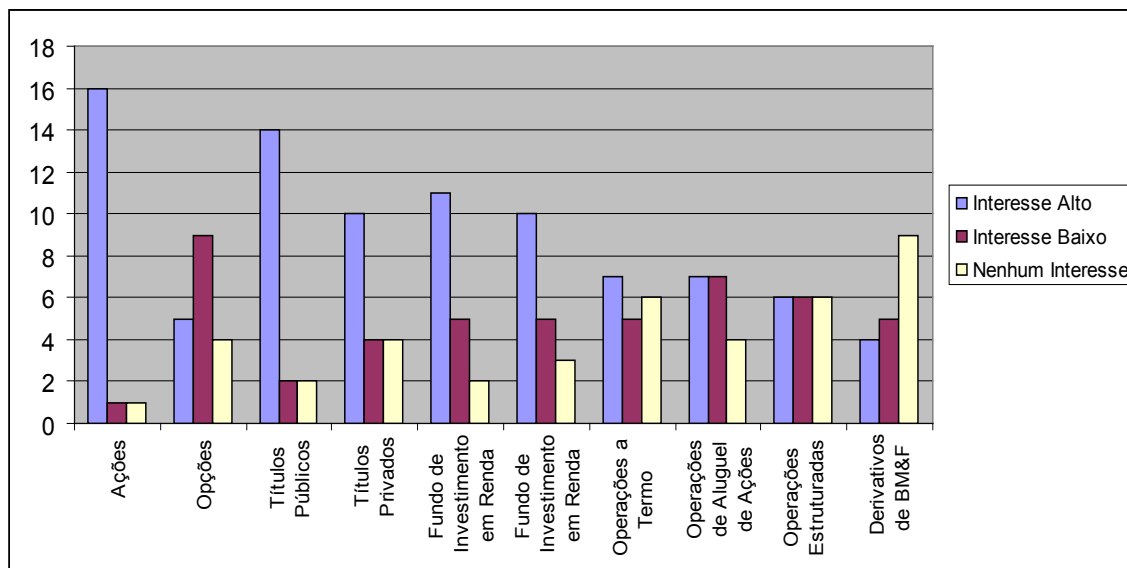


Gráfico 3 – Nível de interesse em Produtos Financeiros

Os Títulos Públicos no Brasil são considerados investimentos voltados para investidores mais conservadores e que queiram manter a posição a médio e longo prazo. Normalmente eles oferecem rentabilidade maior do que a poupança, porém com incidência do imposto de renda. Os riscos das operações são pequenos relacionados ao risco Brasil, comumente chamados de títulos de risco “zero”.

Segundo as informações do Tesouro Nacional:

Os títulos públicos são ativos de renda fixa, ou seja, seu rendimento pode ser dimensionado no momento do investimento, ao contrário dos ativos de renda variável (como ações), cujo retorno não pode ser estimado no instante da aplicação. Dada a menor volatilidade dos ativos de renda fixa frente aos ativos de renda variável, este tipo de investimento é considerado mais conservador, ou seja, de menor risco. (Tesouro Nacional, 2014).

Em relação as operações que são consideradas mais arrojadas como: operações a termo, operações estruturadas e Derivativos de BM&F a maior parte alega não ter nenhum conhecimento sobre os tipo de investimento e a pesquisa também não apresentou percentuais relevantes de pessoas interessadas nesses produtos financeiros.

Segue breve definição (Portal do Investidor, 2014) para operações a termo:

São contratos para compra ou a venda de uma determinada quantidade de ações, a um preço fixado, para liquidação em prazo determinado. O prazo do contrato a Termo é livremente escolhido pelos investidores, seguindo o prazo mínimo de 16 dias e máximo de 999 dias corridos. (BMFBOVESPA, 2014).

Já segundo o Portal do Investidor a definição de mercado futuro é:

O mercado futuro pode ser entendido como uma evolução do mercado a termo. Nele, os participantes se comprometem a comprar ou vender certa quantidade de um ativo por um preço estipulado para a liquidação em data futura... A definição é semelhante, tendo como principal diferença a liquidação de seus compromissos. Enquanto no mercado a termo os desembolsos ocorrem somente no vencimento do contrato, no mercado futuro os compromissos são ajustados diariamente. Todos



os dias são verificadas as alterações de preços dos contratos para apuração das perdas de um lado e dos ganhos do outro, realizando-se a liquidação das diferenças do dia. Além disso, os contratos futuros são negociados somente em bolsas. (Portal do Investidor, 2014).

## 4.2 Perfil Decisório

A segunda categoria de análise é o Perfil Decisório dos Investidores, onde foi constatado que oito pessoas, aproximadamente 44% da amostra, tomam a sua decisão para o investimento, sozinhas, utilizando-se de pesquisa. Nessa mesma proporção estão as pessoas que realizam pesquisa e consultam alguém de confiança. E apenas 11% da amostra, delega a decisão na hora de investir exclusivamente a um especialista. Conforme o Gráfico 4

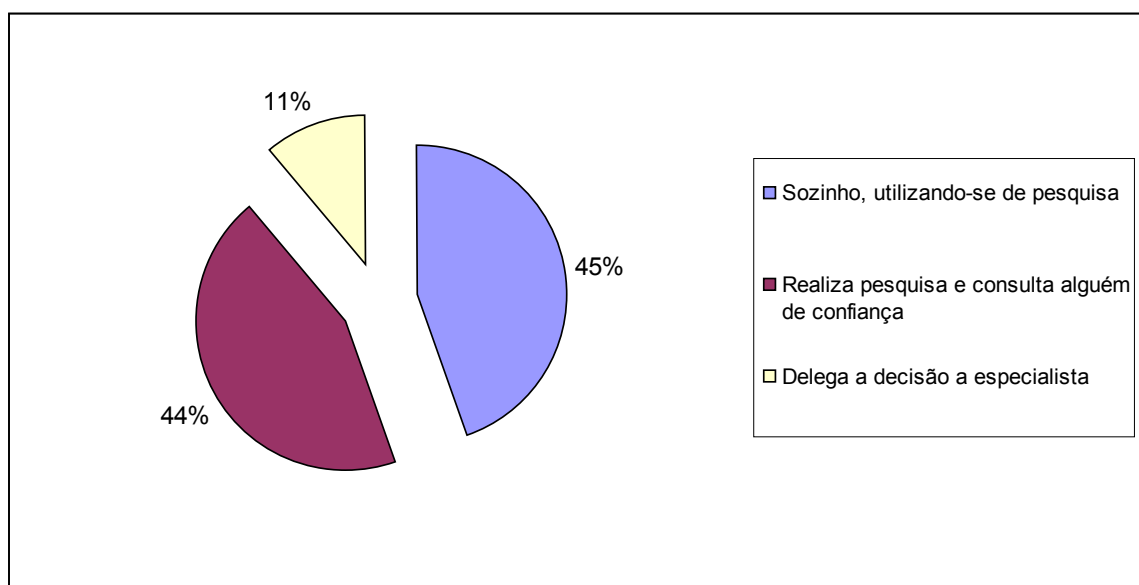


Gráfico 4 – Perfil decisório

## 4.3 Projeção

Em relação e a esta categoria, fez-se um levantamento a respeito dos objetivos e perspectivas dos investidores ao aplicar seus recursos.

De certa forma três dos itens obtiveram resultados próximos: que são a poupança com cerca de seis investidores, sendo o principal objetivo. Um investidor pretende acompanhar o CDI, E as seis pessoas esperam obter remuneração acima do CDI, que hoje está em 10,52%aa. Os demais, 5 pessoas, esperam superar a rentabilidade do Principal índice da Bolsa de Valores brasileira

Merece destaque o fato que nenhum dos investidores pretendem alavancar seus investimentos, sendo a alavancagem uma operação mais arrojada e dependendo do desempenho da operação, pode ser necessário fazer novos aportes para cobrir possíveis prejuízos.

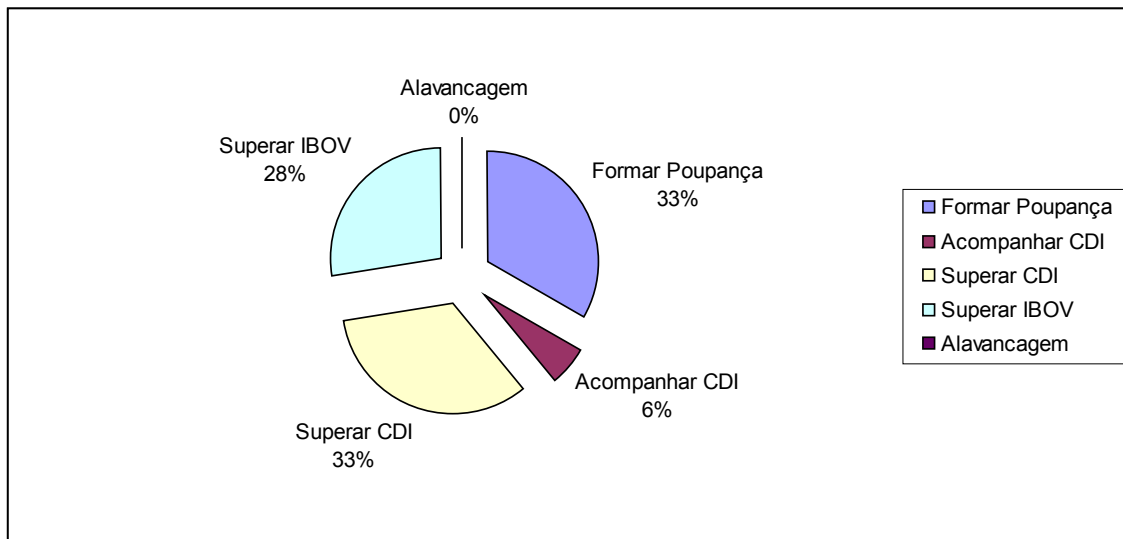


Gráfico 5 – Objetivos do Investimento

#### 4.4 Risco

A pesquisa realizou um questionamento em relação a disposição para assumir risco por parte dos investidores.

Buscando obter ganhos de até 30%, 56% dos pesquisando assumem um risco de perder até 20% do recurso aplicado. Com expectativa de ganhos de até 25% e assumindo dívidas de até 15% temos o percentual de 22% dos pesquisados.

Em discordância das respostas em todas as outras categorias, nesta o investidor demonstra ter um perfil mais arrojado, assumindo um risco maior com a intenção de ter maiores ganhos, mesmo aparentemente tendo interesse por produtos mais conservadores.

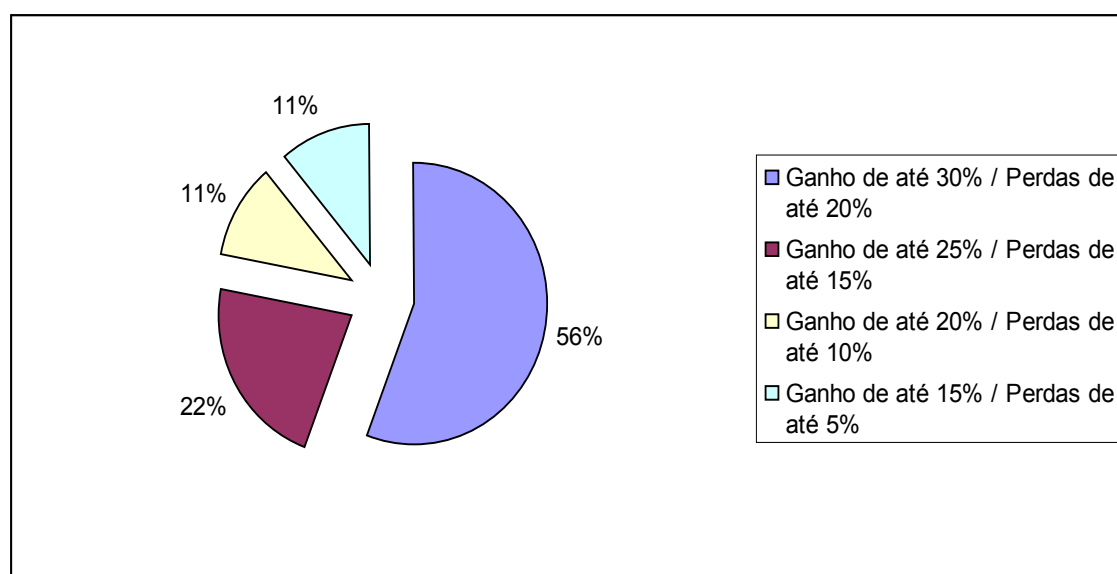


Gráfico 6 – Disposição para Investimento de Risco

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa partiu da necessidade de mapear o perfil de novos investidores do mercado de capitais brasileiro. Durante o mês de abril de 2014, realizou-se uma amostragem do questionário de análise do perfil de investidor aplicado a novos clientes de uma corretora de valores, com o intuito de traçar os perfis de investimento dos investidores entrantes no mercado de capitais.

A partir de todo um levantamento teórico sobre as mais relevantes características do mercado de valores mobiliários brasileiro, foi utilizada a parte empírica como base para o estudo de caso, onde as informações dadas pelos investidos aos questionários abrangiam questões sobre conhecimento / interesse sobre produtos do mercado financeiro, informações que influenciam na tomada de decisão ao investir, objetivos e projeção, como também o avaliação de riscos.

Conforme a parte teórica exposta na pesquisa, o mercado de capitais brasileiro ainda está longe de grande parte da população, sendo uma das principais causas a falta de conhecimento sobre as características e regras que envolvem os produtos financeiros. Sendo necessário investir em educação financeira, não somente por parte das instituições envolvidas com a negociação dos ativos, mas também por parte do Governo com o intuito de desmistificar o mercado e atrair a população para outras possibilidades de investimento.

A maior parte dos brasileiros quando pensam em aplicar seus recursos, por uma questão cultural logo o relacionam à caderneta de poupança, caracterizando-se por ser um investimento seguro e com alta liquidez, porém com baixos ganhos reais.

Os aspectos metodológicos podem ser replicados em pesquisas futuras e possibilitaram a avaliação de uma dimensão relevante do perfil dos novos investidores de uma corretora de valores, na medida em que apontaram que os investimentos mais atrativos são as ações e os títulos públicos. Os últimos sendo considerados como alternativa para os aplicadores na poupança, pois oferecem investimentos extremamente seguros e normalmente com melhor rentabilidade.

Grande parte dos investidores analisados, mesmo desconhecendo as características do mercado, ainda querem tomar suas próprias decisões e em busca de maiores rentabilidades estão dispostos assumirem maior risco.

Portanto de acordo com o presente estudo, os novos investidores no mercado de capitais brasileiro possuem características mais conservadoras no que diz respeito aos investimentos que pretendem fazer, optando principalmente por aplicar na caderneta poupança e investir em títulos públicos. Contudo, em relação aos ganhos esperados ainda buscam rentabilidades que não condizem com os investimentos que pretendem realizar, indicando assim desconhecimento do mercado e conseqüente necessidade de investimento em educação financeira.

## REFERÊNCIAS

BACHA, E. L. FILHO, L. C. (Orgs). **Mercado de Capitais e crescimento econômico: Lições internacionais e desafios brasileiro**. Rio de Janeiro/São Paulo. Contracapa. ANBID, 2005.

BMFBOVESPA, Bolsa de Valores. Mercado a Termo. 2014. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/mercados/acoes/formas-de-negociacao>>. Acesso em: 02 out. 2014.

BRASIL. **Instrução CVM nº 539, de 13 de dezembro de 2013. Dispõe sobre o dever de verificação da adequação dos produtos, serviços e operações ao perfil do cliente**. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br/legislacao/instrucoes/inst539.html>>. Acesso em: 04 out. 2014.

BRASIL. **Lei nº 8177 de 1º de março de 1991. Estabelece regras para a desindexação da economia e dá outras providências**. Brasília, 1 de março de 1991. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1991/lei-8177-1-marco-1991-365113-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acessado em 20 de out. 2014.

CRÉDITO, Cooperativismo de. **Sistema Financeiro Nacional**. 2014. Disponível em: <<http://cooperativismodecredito.coop.br/mercado-financeiro/>>. Acesso em: 01 maio 2014.

FACCINI, Leonardo. **Mercado de Valores Mobiliários: teoria e questões**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2011.

INVESTIDOR, Portal do. **Mercado Futuro**. 2014. Disponível em: <[http://www.portaldoinvestidor.gov.br/menu/Menu\\_Investidor/derivativos/mercado\\_futuro.html](http://www.portaldoinvestidor.gov.br/menu/Menu_Investidor/derivativos/mercado_futuro.html)>. Acesso em: 20 set. 2014.

NACIONAL, Tesouro. Tesouro Direto: **O que são títulos públicos?**. Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto>>. Acesso em: 01 out. 2014.

SILVA, Luiz Eduardo Costa. **O mercado de ações no Brasil: determinantes da expansão recente**. Dissertação de mestrado. PUCSP, 2007.

SPC Brasil. Portal do Serviço de Proteção de Crédito do Brasil. **Poupança ainda é o investimento mais utilizado pelos brasileiros**. Disponível em <[https://www.spcbrasil.org.br/uploads/st\\_imprensa/release\\_educacao\\_financeira\\_investimentos.pdf](https://www.spcbrasil.org.br/uploads/st_imprensa/release_educacao_financeira_investimentos.pdf)>. Acessado em : 14 out. 2018.

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

### **Weverton Silveira de Almeida**

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Produção, Catalão – Goiás

### **Marilane Elias da Silva**

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Produção, Catalão – Goiás

### **Nícolas Victor Martins dos Santos**

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Produção, Catalão – Goiás

### **Lana Muriela Ribeiro**

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Produção, Catalão – Goiás

### **Stella Jacyszyn Bachega**

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Produção, Catalão – Goiás

**RESUMO:** Assim como em outros setores, recentemente o setor de beleza e estética vem sofrendo dificuldades. Com isso, as empresas devem se atentar ainda mais em questões gerenciais e na gestão de suas operações, buscando melhoria de processos para maximizar seus lucros. Desta forma, podem recorrer a técnicas de pesquisa operacional para auxiliar na tomada de decisões e alcançar tais objetivos. Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo aplicar a programação linear inteira (PLI) para maximizar o lucro semanal de uma empresa do setor de beleza e estética. Para alcançar este

objetivo, utilizou-se a abordagem quantitativa e os procedimentos de pesquisa bibliográfica e experimental. Os resultados obtidos apontaram as quantidades ótimas de cada serviço a ser ofertado, para que a empresa possa melhorar sua política de prestação de serviços e com isso maximizar o seu lucro semanal. Dentre as principais contribuições, este trabalho apresenta uma aplicação prática em uma microempresa empresa, disseminando o uso da PLI para o auxílio na tomada de decisões em gestão de serviços.

**PALAVRAS-CHAVES:** Programação linear inteira, maximização de lucro, setor de estética e beleza

**ABSTRACT:** As in other sectors, beauty and aesthetics have recently been experiencing difficulties. With this, companies must focus even more on management issues and the management of their operations, seeking to improve processes to maximize their profits. In this way, they can use operational research techniques to aid in decision making and to achieve those objectives. In view of the above, this research aims to apply the entire linear programming (PLI) to maximize the weekly profit of a company in the beauty and esthetics sector. To reach this goal, the quantitative approach and the bibliographic and experimental research procedures were used. The results obtained

pointed out the optimal amounts of each service to be offered, so that the company can improve its service delivery policy and thereby maximize its weekly profit. Among the main contributions, this paper presents a practical application in a microenterprise company, disseminating the use of PLI to aid in decision making in service management. **KEYWORDS:** Linear programming, profit maximization, aesthetics and beauty sector

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante do exposto pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, o mercado de beleza sofreu recentemente sua primeira queda em 23 anos, dessa forma, para as empresas se manterem no mercado devem buscar permanentemente melhorar sua produtividade, reduzir seus custos, aumentar seus lucros e tomar melhores decisões (DINO, 2016).

Ao encontro de tais necessidades, há técnicas da Pesquisa Operacional (PO) que podem ser utilizadas nas mais diversas áreas. A PO pode ser definida como um campo de análise de decisão caracterizado pelo uso de métodos e técnicas científicas quantitativas que visam otimizar operações empresarias e determinar o melhor uso de recursos limitados (ANDRADE, 2000).

A Programação Linear (PL) é uma das técnicas de Pesquisa Operacional, empregada para encontrar a forma ótima de alocação de recursos escassos entre atividades que dividem esses recursos entre si. O termo ‘programação’ é referente ao planejamento e o termo ‘linear’ delimita que para este tipo de problema todas as funções devem ser lineares. A PL, portanto, é a busca de resultados ótimos por meio do planejamento de atividades (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Para problemas de alocação de pessoas, veículos e máquinas, entre outros, é necessário normalmente alocação de quantidades inteiras, um tipo de solução não fornecida pela PL que fornece resultados com números naturais. Nestes casos, há a possibilidade do uso da Programação Linear Inteira (PLI) ou simplesmente Programação Inteira (PI), que são modelos de PL com uma restrição a mais que determina que as variáveis devem possuir valores inteiros (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A PL pode ser usada para otimizar não apenas a produção de bens de consumo, mas também pode ser aplicada na prestação de serviços, como pode ser observado nos estudos de Santos, Souza e Bouzada (2012), Gomide, Arce e Silva (2013), Meneses, Rabinovitz e Costa (2014), Pantoja et. al. (2015) e Bilinski et al. (2016). Dentre as possíveis aplicações em serviços tem-se a redução de custos ou a maximização de lucros, redução de tempo de operação e melhoria na qualidade dos serviços prestados, entre outros. Assim, deseja-se, a partir do estudo, responder a seguinte questão de pesquisa: Qual deve ser a quantidade ótima de cada serviço oferecido por uma empresa prestadora de serviços para esta obter o lucro máximo semanal?

Neste sentido, este estudo teve como objetivo geral aplicar a PLI para maximizar o lucro semanal de uma empresa do setor de beleza e estética. Espera-se que, por meio

dos resultados obtidos, a proprietária do estabelecimento possa melhorar sua política de prestação de serviços, ajustando/incentivando a oferta dos serviços prestados de acordo com o recomendado por este estudo.

Para cumprir o objetivo, este trabalho segue com a seguinte estrutura: na seção 2 é apresentada a revisão bibliográfica com referencial teórico sobre a Programação Linear e Programação Linear Inteira. A metodologia utilizada é descrita na seção 3. Os resultados e discussões com a resposta dos objetivos almejados estão na seção 4. E, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção abordará o referencial teórico sobre programação linear e programação linear inteira, assim como aplicações nesta última.

### 2.1 Programação linear e programação linear inteira

Existem várias técnicas para resolução dos modelos matemáticos de PO, algumas delas são: a programação linear, a programação linear inteira, a programação dinâmica, a otimização em redes e a programação não-linear. Entretanto, a técnica mais utilizada de PO é a programação linear, com função objetivo e restrições lineares (TAHA, 2008).

Taha (2008) define três componentes básicos que todo modelo de PL possui, são eles: i) variáveis de decisão que se procura determinar; ii) objetivo que se precisa otimizar, maximizando ou minimizando determinado problema; iii) restrições que a solução deve satisfazer.

Colin (2011) menciona que a PL trata do problema de alocação ótima dos recursos escassos para a realização de atividades. Com isso, várias indústrias encontram frequentemente na PL uma fonte de vantagens competitivas duradouras. E já em outras indústrias a sua importância vai ainda além, como nas indústrias petrolífera e a de aviação, que encontram na PL uma condição fundamental para a sua sobrevivência e lucratividade a longo prazo.

Mesmo sabendo da grande contribuição da PL para a ciência e economia, é fato que esta técnica não resolve todo e qualquer tipo de problema. Taha (2008) propõe algumas indagações que certos profissionais se deparam no seu dia-a-dia profissional e que podem ser resolvidas com a Programação Linear, por exemplo:

- Dadas restrições de produção, quanto produzir de cada produto?
- Qual o custo mínimo de composição de uma mistura dadas certas especificações?

Taha (2008) identifica também na PL certas propriedades básicas e que devem ser satisfeitas nos modelos: i) proporcionalidade onde requer que a contribuição de cada variável de decisão seja diretamente proporcional ao valor da variável; ii)

aditividade que requer a contribuição total de todas as variáveis seja a soma direta das contribuições individuais de cada variável; iii) certeza onde todos os coeficientes da função objetivo e das restrições são determinísticos, ou seja, constantes conhecidas.

Existe um modelo matemático genérico de alocação de recurso para atividades, também chamado de forma padrão para problemas de PL que é apresentado por Hillier e Lieberman (2013). A seguir estão expostas a função objetivo (1) e as restrições (2 a 5).

Em particular, esse modelo visa selecionar os valores para  $x_1, x_2, x_n$ , de forma a:

$$\text{Maximizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (1)$$

Sujeito às restrições:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (3)$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (4)$$

e

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0. \quad (5)$$

Em alguns problemas matemáticos, as variáveis de decisão só fazem sentido se assumirem valores inteiros, a saber: alocação de pessoal, máquinas e veículos para algumas atividades em quantidades inteiras. Segundo Hillier e Lieberman (2013), se a exigência de números inteiros for a única diferenciação da formulação de programação linear, então refere-se a Programação Inteira.

Conforme Colin (2011), a modelagem de problemas de Programação Inteira ou Programação Linear Inteira (PLI) é bem parecida com a modelagem de problemas de Programação Linear. Um problema de PLI pode ser visto como um problema de PL mais uma restrição de que as variáveis devem ser inteiras. Para Taha (2008), um problema inteiro puro é definido como aquele que tem todas as variáveis inteiras, caso contrário trata-se de um problema de programação inteira mista, que contém variáveis contínuas bem como inteiras.

Para a resolução de PLI o algoritmo mais utilizado é *Branch-and-Bound* (B&B). A inicialização do algoritmo se dá com a solução ótima do problema. Nesse momento, não se consideram as restrições de variáveis inteiras (relaxação). Para cada iteração, o problema original é subdividido e eliminam-se as partes fracionárias da solução não-inteira. Ainda, eliminam-se partes do problema subdividido por meio de testes lógicos (COLIN, 2011).

## 2.2 Aplicações da programação linear inteira

Segundo Loesch e Hein (2009), a maioria das aplicações de pesquisa operacional



abrange as áreas de administração, produção, planejamento e organização e é por este motivo que tem grande importância para a Engenharia de Produção.

Antonio, Castro e Abensur (2016) utilizaram a PLI associada a gestão de compras e estoque ao desenvolver um modelo matemático que auxiliasse a gestão de estoques de um agente acelerante numa tradicional indústria de pneumáticos instalada no Brasil. Foi desenvolvido também, com o auxílio da PLI, um modelo matemático para suporte às decisões de compras, o qual, quando feita a inserção das informações reais da empresa, obteve-se uma solução otimizada para a decisão de compras buscando os menores custos relacionados à gestão de compras e estoque do produto em estudo.

Pessanha, Alvarenga e Arica (2015) enfatizaram o uso da PLI no planejamento e controle da produção ao abordarem o problema integrado de dimensionamento e sequenciamento da produção de uma empresa de pequeno porte, em que o objetivo foi determinar em que ordem e quanto de cada produto seria produzido, visando atender à demanda com os menores custos. Dessa forma, formulou-se um modelo integrado que expressasse às condições em que a empresa se encontrava. O modelo elaborado foi implementado e os resultados obtidos foram condizentes com a realidade da empresa, proporcionando a mesma a redução dos custos de produção.

Outra aplicação da PLI na mesma linha de pesquisa do exemplo anterior pode ser analisada em Fernandes et al. (2013), onde apresentou-se um modelo de otimização-simulação aplicado em um estudo de caso real no setor de cilindros para laminação de uma siderúrgica, buscando melhorias no gerenciamento da área/equipamento gargalo da linha de produção. Atuando em conjunto com a simulação, a PLI proporcionou a otimização do processo produtivo de uma linha não seriada, assim como a redução das filas de espera e do *lead-time*, o que conseqüentemente melhorou o atendimento aos clientes.

Melo (2008) abrangeu a área da logística em que foi analisado o problema relacionado à distribuição de vagões de carga e assim desenvolvido modelos que oferecessem ao analista a oportunidade de conhecer em detalhes as dificuldades enfrentadas pela ferrovia, possibilitando avaliar a proposição de metas dos tempos de retenção em pátios, tempos de deslocamento, número de vagões retidos para manutenção, necessidade do aumento da frota e a viabilidade de execução do programa de transporte diante das premissas operacionais vigentes.

Uma das principais aplicações de PLI é para a alocação ótima de pessoas. Referente a isto, Menezes, Rabinovitz e Costa (2014), através da ferramenta Solver do Excel, identificaram a composição ótima de equipes de projetos de uma empresa de consultoria júnior, obtendo a maximização do desempenho dos consultores em cada um dos serviços prestados pela empresa.

Silva et al. (2014) também abordaram o tema de alocação de pessoas, especificamente para projetos seis sigmas, com base nas necessidades e restrições para execução dos mesmos. Além disso, elaboraram um modelo para seleção do projeto que gerasse maior benefício para a organização.

Por fim, outro estudo abrangendo a PLI está associado ao setor de serviço, como disposto em Guimaraes et al. (2013), que aplicou a técnica com o objetivo de otimizar a receita bruta de uma empresa franqueada atuante no setor de escolas de idiomas, através da melhor distribuição de alunos nas turmas. Como resultado, obteve-se as quantidades de alunos que deveriam ser disponibilizadas em todas as turmas da empresa para maximizar a receita bruta semestral, além de atingir a meta de crescimento de alunos na escola estabelecida pela franqueadora.

Como visto, a PLI tem aplicações em distintas áreas e em problemas de variados tipos. É uma técnica para a tomada de decisão que, se utilizada de forma correta, gera resultados positivos para quem a emprega. Esses resultados satisfatórios são gerados, por exemplo, pela melhor alocação de recursos como tempo, mão-de-obra e matéria-prima, aumentando, assim, o retorno financeiro das organizações.

### 3 | METODOLOGIA

A presente pesquisa classifica-se como explicativa. Segundo Gil (2010), este tipo de pesquisa tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos. Sua função está em explicar a razão e o porquê das coisas, por este motivo mais aprofundam o conhecimento da realidade. Marconi e Lakatos (2011) explicam, também, que este tipo de pesquisa tem como objetivo encontrar relações de causa-efeito recorrendo ao manuseio das variáveis disponíveis para o estudo, almejando identificar as razões dos acontecimentos. Normalmente, é mais realizada em laboratório do que em campo. Dessa forma, por meio de uma aplicação de PLI em um caso real, haverá o inter-relacionamento de variáveis, identificando fatores que contribuem para o objetivo estabelecido pela empresa.

A abordagem de pesquisa utilizada foi a quantitativa, que conforme Fonseca (2002), considera que a realidade poderá ser compreendida baseada na análise de dados brutos matemáticos para descrever as causas de um fenômeno e as relações entre variáveis. Portanto, essa pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois utilizou-se dados de cunho quantitativo, como a demanda de serviços a ser realizado na empresa, o tempo médio para realização dos mesmos, preço, custo e lucro.

Os procedimentos de pesquisa empregados foram a pesquisa bibliográfica e a pesquisa experimental. Primeiramente realizou-se um levantamento bibliográfico, pois conforme Silva (2005), a pesquisa bibliográfica pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa experimental, com o intuito de conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado, existente sobre um determinado assunto, tema ou problema.

A pesquisa experimental, como descrito por Creswell (1994), tem por finalidade verificar as relações de causa e efeito, de forma que o pesquisador possa manipular as variáveis independentes, verificando as alterações ocorridas nos resultados decorrentes destas manipulações. Segundo Bryman (1989), este método é mais

indicado para pesquisas com abordagens quantitativas. Já a pesquisa experimental é, frequentemente, relacionada com experimentos realizados em laboratório e também em modelagens matemáticas e simulações computacionais. Sendo assim, este tipo de pesquisa foi usado no presente estudo devido ao uso de modelagem matemática.

A coleta de dados foi realizada em uma empresa do setor de beleza e estética localizada no sudeste goiano. A empresa atua no mercado há nove anos e o empreendimento foi um investimento de duas sócias que decidiram apostar na independência financeira, ambas se especializaram em áreas distintas que juntas integram os serviços prestados pela empresa. Inicialmente o retorno era insuficiente para pagar as despesas do negócio, porém, com muita persistência, conquistaram a clientela. A sociedade perdurou por oito anos. Atualmente a empresa segue com uma das antigas sócias, que contratou uma auxiliar, para ajudar na prestação de serviços de beleza e estética.

A obtenção dos dados transcorreu no mês de agosto de 2016. Foi utilizada a entrevista como a técnica para a coleta de dados. A entrevista é estabelecida por um roteiro de itens a serem conversados, orientada com o objetivo de recolher dados relevantes para a pesquisa (SILVA, 2005).

Os dados coletados foram: os custos e os preços dos serviços ofertados, para cálculo do lucro de cada serviço, demanda média mínima e demanda média máxima semanal, tempo médio de execução de cada serviço e quantidade de horas-homem disponíveis semanalmente.

Após coletados, os dados foram tabulados para os devidos usos. Para a condução de um estudo de PO, foram seguidas as etapas propostas por Taha (2008), a saber:

- Definição do problema: abrange a descrição das alternativas de decisão, a determinação do objetivo de estudo e as especificações das limitações;
- Construção do modelo: tradução das definições do problema para relações matemáticas;
- Solução do modelo: baseia-se na utilização de algoritmos de otimização bem-definidos;
- Validação do modelo: certifica-se se o modelo estudado prevê adequadamente o comportamento do sistema. A comparação dos resultados com dados históricos é um método para a verificação da validade do modelo;
- Implementação da solução: tradução dos resultados em instruções operacionais compreensíveis para aqueles que administrarão o sistema recomendado. A explicação dos resultados e a devida documentação foram realizadas, no entanto, a efetiva implantação depende de o responsável da empresa realiza-la ou não, excedendo o escopo desta pesquisa.

Salienta-se que foi utilizado o otimizador LINDO® v.6.1 *trial version* para a resolução do modelo matemático, devido a interface amigável ao usuário final e ao reconhecimento deste na área.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados sobre o empreendimento, que foram utilizados no modelo matemático, estão dispostos na Tabela 1. A tabela apresenta sete variáveis, que representam os principais serviços oferecidos pelo estabelecimento. Cada variável é acompanhada pelos respectivos preços, custo, lucro, tempo médio de execução do serviço, demanda média mínima semanal e demanda média máxima semanal.

Serviço	Variável	Preço (R\$)	Custo (R\$)	Lucro (R\$)	Tempo Médio (h)	Média da Demanda Mínima Semanal	Média da Demanda Máxima Semanal
Corte de Cabelo	$x_1$	30,00	3,25	26,75	0,67	5	15
Sobrancelha e Buço	$x_2$	18,00	0,35	17,65	0,50	15	25
Escova Progressiva	$x_3$	140,00	30,00	110,00	3,00	3	10
Selagem de Cabelo	$x_4$	80,00	15,00	65,00	2,00	3	10
Escova de Cabelo	$x_5$	20,00	0,50	19,50	1,00	15	30
Depilação	$x_6$	50,00	4,90	45,10	0,83	5	8
Hidratação de Cabelo	$x_7$	50,00	16,00	34,00	1,00	1	3

Tabela 1 - Informações dos serviços oferecidos pelo salão

Fonte: Autores (2017)

Visando a maximização de lucros, o modelo matemático foi construído a partir dos dados expostos na Tabela 1. As variáveis de decisão são especificadas na Tabela 2.

Variável	Descrição dos serviços
$x_1$	Quantidade de cortes de cabelo a serem feitos por semana
$x_2$	Quantidade de sobrancelhas e buços a serem feitos por semana
$x_3$	Quantidade de progressivas a serem feitas por semana
$x_4$	Quantidade de selagens a serem feitas por semana
$x_5$	Quantidade de escovas a serem feitas por semana
$x_6$	Quantidade de depilações a serem feitas por semana
$x_7$	Quantidade de hidratações a serem feitas por semana

Tabela 2 - Variáveis de decisão do modelo

Fonte: Autores (2017)

A função objetivo (FO) que maximizará o lucro semanal é definida pelo somatório dos produtos das variáveis de decisão pelo seu respectivo lucro (6):

$$\text{MAX } Z = 26,75x_1 + 17,65x_2 + 110,00x_3 + 65,00x_4 + 19,50x_5 + 45,10x_6 + 34,00x_7 \quad (6)$$

As seguintes inequações apresentadas na Tabela 3 representam as restrições inerentes a empresa e a restrição de não-negatividade do modelo matemático em questão.

Restrição	Descrição
$0,67x_1 + 0,50x_2 + 3x_3 + 2x_4 + x_5 + 0,83x_6 + x_7 \leq 80$	tempo máximo em horas para a execução dos serviços
$x_1 \geq 5$	demanda média mínima semanal de cortes de cabelo
$x_1 \leq 15$	demanda média máxima semanal de cortes de cabelo
$x_2 \geq 15$	demanda média mínima semanal de sobrancelhas e buços
$x_2 \leq 25$	demanda média máxima semanal de sobrancelhas e buços
$x_3 \geq 3$	demanda média mínima semanal de escovas progressivas
$x_3 \leq 10$	demanda média máxima semanal de escovas progressivas
$x_4 \geq 3$	demanda média mínima semanal de selagens
$x_4 \leq 10$	demanda média máxima semanal de selagens
$x_5 \geq 15$	demanda média mínima semanal de escovas
$x_5 \leq 30$	demanda média máxima semanal de escovas
$x_6 \geq 5$	demanda média mínima semanal de depilações
$x_6 \leq 8$	demanda média máxima semanal de depilações
$x_7 \geq 1$	demanda média mínima semanal de hidratações de cabelos
$x_7 \leq 3$	demanda média máxima semanal de hidratações de cabelos
$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0$	restrição de não negatividade

Tabela 3 - Restrições tecnológicas

Fonte: Autores (2017)

O modelo matemático formado pela FO e todas as restrições apresentadas acima foram transcritos para o *software* LINDO® 6.1, que chegou a resolução ótima realizando 68 ramificações e 429 interações por meio do algoritmo B&B. Os resultados obtidos para as variáveis de decisão são apresentados na Tabela 4. Ressalta-se que neste caso não se faz a análise de sensibilidade, pois se trata de um problema com variáveis inteiras (COLIN, 2011).

Variável	Valor ótimo (Unidade)
$x_1$	15
$x_2$	22
$x_3$	10
$x_4$	3
$x_5$	15
$x_6$	8
$x_7$	1

Tabela 4 - Resultados obtidos

Fonte: Autores (2017)

Dessa forma, foi encontrado que o lucro máximo a ser obtido semanalmente pelo estabelecimento é de R\$ 2.771,85, valor este o máximo que a FO pode atingir atendendo as restrições. Para que esse número seja atingido, é necessário que os serviços prestados atinjam seus valores ótimo, que são de 15 cortes de cabelos, 22 sobrancelhas, 10 escovas de progressivas, três selagens, 15 escovas de cabelo, oito depilações e uma hidratação de cabelos por semana.

Quanto as restrições, pode-se analisar as folgas, relacionadas as restrições com sinais de menor ou igual, ou excessos, que por sua vez, são relacionadas as restrições com sinais de maior ou igual, conforme apresentado na Tabela 5. Para a primeira restrição, correspondente a disponibilidade de horas por semana, há folga de 0,31 hora e sendo a disponibilidade total igual a 80 horas semanais (referentes a duas trabalhadoras desempenhando simultaneamente 40 horas semanais), significa que a carga horária a ser utilizada semanalmente na condição ótima será de 79,69 horas ( $80 - 0,31 = 79,69$ ).

<b>Restrição</b>	<b>Folga ou Excesso</b>
$0,67x_1 + 0,50x_2 + 3x_3 + 2x_4 + x_5 + 0,83x_6 + x_7 \leq 80$	0,31
$x_1 \geq 5$	10
$x_1 \leq 15$	0
$x_2 \geq 15$	7
$x_2 \leq 25$	3
$x_3 \geq 3$	7
$x_3 \leq 10$	0
$x_4 \geq 3$	0
$x_4 \leq 10$	7
$x_5 \geq 15$	0
$x_5 \leq 30$	15
$x_6 \geq 5$	2
$x_6 \leq 8$	0
$x_7 \geq 1$	0
$x_7 \leq 3$	2

Tabela 5 - Folgas ou excessos obtidos para cada restrição

Fonte: Autores (2017)

Para as restrições correspondentes as quantidades mínimas de corte de cabelo, sobrancelha, progressiva e depilação, apresentam respectivamente excessos de 10, 7, 7 e 3, ou seja, estas restrições usaram estes valores além do mínimo esperado de demanda de cada um destes serviços. Para as restrições correspondentes as quantidades máximas de sobrancelha, selagem, escova e hidratação, apresenta-se folgas de 3, 7, 15 e 2 respectivamente, ou seja, o resultado ótimo não chegou ao da demanda máxima estimada para cada um destes serviços em questão, restando

então essas quantidades de serviços a serem utilizados.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao aplicar a PLI no problema identificado no estudo, pôde-se encontrar a quantidade ótima de cada serviço prestado pelo estabelecimento para que houvesse a maximização do lucro semanal da empresa, além de também atender ao maior número de clientes em seu tempo planejado. Sendo assim, o objetivo proposto pelo estudo foi alcançado.

O resultado ótimo obtido foi a quantidade de cada serviço que o estabelecimento deve realizar e/ou ofertar para otimizar a sua receita, sendo os mais significativos os serviços de sobancelhas, cortes de cabelo e escovas, resultando num lucro semanal de R\$ 2.771,85.

Entende-se a incerteza em que o estabelecimento tem em ofertar exatamente a quantidade de cada serviço aqui recomendadas, visto que o mesmo é um prestador de serviço e está sujeito à demanda do mercado. Para que o objetivo seja alcançado e a quantidade de serviços prestados sejam as ideais, o *marketing* do salão precisa ser melhorado e ampliado, fazer promoções visando aumentar o número de clientes ou priorizar certos serviços em detrimentos de outros para que assim a situação ótima seja alcançada.

Este trabalho apresenta contribuições para as áreas acadêmica e empresarial. Fica como contribuição para a área acadêmica um caso de aplicação prática da Programação Linear Inteira em um estabelecimento do setor de beleza e estética com uso do otimizador LINDO®. Assim, amplia a quantidade de exemplos de aplicação prática de técnicas de PO, além de divulgar as mais diversas possibilidades de uso de modelos em pequenas empresas. Para a área empresarial, o trabalho mostra que uma técnica de certa complexidade que pode ser aplicada em micro e pequenas empresas para estas obterem os seus benefícios.

Sugere-se, como pesquisas futuras, a análise de quais serviços e a quantidade de cada um deles que maximizaria o lucro semanal do estabelecimento, considerando-se o cenário de expansão da empresa, com ampliação do número de homens-hora e inserindo restrição de espaço físico e de equipamentos. Sugere-se, também, estudos que comparem o procedimento de modelagem no otimizador LINDO® com outros otimizadores.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

ANTONIO, C. S. P.; CASTRO, D. R.; ABENSUR, E. O. Gestão de Estoques: Um estudo de caso da indústria de pneumáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 36., 2016. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: ABEPRO, out. 2016.

BILINSKI, P. A. et al. Aplicação da Pesquisa Operacional na Otimização da Lucratividade de uma Empresa do Segmento de Marcenaria. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 36., 2016. João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: ABEPRO, out. 2016.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman, 1989, p.224.

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional**: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CRESWELL, J. W. **Research design**: qualitative & quantitative approaches. London: Sage, 1994, p. 248.

DINO. **Indústria de Cosméticos dribla crise e projeta crescimento**. 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/dino/industria-de-cosmeticos-dribla-crise-e-projeta-crescimento-dino890103433131/>>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

FERNANDES, L. J. et al. Planejamento e Controle da Produção de Cilindros para Laminação: Um estudo de caso quantitativo. **Prod. [online]**. 2013, v.23, n.1, p.120-134. Epub 04-Set-2012. ISSN 0103-6513. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000061>.

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

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMIDE, L. R.; ARCE, J. E.; SILVA, A. C. L. Comparison the metaheuristic simulated annealing and integer linear programming for solving the forest harvest scheduling with adjacency constraints. **Ciência Florestal**, v.23, n. 2, p. 449-460, jun. 2013.

GUIMARAES, R. S. et al. Uso da Programação Linear para Otimização da Receita de uma Escola de Idiomas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 33., 2013. Salvador, BA. **Anais...** Salvador: ABEPRO, out. 2013.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

LOESCH, C; HEIN N. **Pesquisa operacional**: fundamentos e modelos. São Paulo: Saraiva, 2009.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. São. Paulo: Atlas, 2011.

MELO, M. C. V. Programação Linear Inteira Aplicada no Planejamento da Alocação de Vagões de Carga. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2008.

MENEZES, L. G. T.; RABINOVITZ, V. P.; COSTA, C. L. Designação de Recursos Humanos Para Funções Gerenciais e Operacionais Utilizando a Técnica de Programação Linear Inteira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 34., 2014. Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, out. 2014.

PANTOJA, D. S. et al. Utilização da Programação Linear Para Minimizar o Tempo Necessário de um Plano de Treino Realizado em uma Academia. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP), 22., 2015, Baurú, SP. **Anais...** Bauru: UNESP, nov. 2015.

PESSANHA, L. P. M.; ALVARENGA, R. L.; ARICA, G. G. M. Modelagem e Resolução do Problema Integrado de Dimensionamento e Sequenciamento da Produção: Caso de uma pequena empresa de produtos de limpeza. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP),



35., 2015. Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, out. 2015.

SANTOS, R. F.; SOUZA JUNIOR, E. C.; BOUZADA, M. A. C. A Aplicação da Programação Inteira na Solução Logística do Transporte de Carga: O Solver E Suas Limitações na Busca Pela Solução Ótima. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.12, n. 01, p. 185-204, jan./mar. 2012.

SILVA, B. B. et al. Modelo de Programação Inteira para Seleção de Projetos Seis Sigma. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 34., 2014. Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, out. 2014.

SILVA, M. A. F. **Métodos e técnicas de pesquisa**. 2. ed. rev. atual. Curitiba: Ibpex, 2005.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional: uma visão geral**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

## UM ESTUDO COMPUTACIONAL DO PROBLEMA DE AGRUPAMENTO COM SOMA MÍNIMA DE DISTÂNCIAS

**Augusto Pizano Vieira Beltrão**

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Niterói - Rio de Janeiro

**José André de Moura Brito**

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE/  
IBGE)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

**RESUMO:** Este artigo traz a proposta de um algoritmo que foi aplicado ao problema de agrupamento com soma mínima de distâncias (PASMD). Dada uma base de dados com  $n$  objetos e  $q$  variáveis, busca-se distribuir os objetos em  $k$  grupos, de modo que a soma total de distâncias entre todos os pares de objetos, dentro de cada um dos grupos, seja mínima. Este problema tem alta complexidade computacional, o que dificulta a aplicação de métodos de enumeração exaustiva ou implícita. Considerando esta questão, foi desenvolvido um algoritmo heurístico baseado nos algoritmos genéticos de chaves aleatórias viciadas (biased random-key genetic algorithm – BRKGA). De forma a avaliar este algoritmo, foram realizados experimentos computacionais, considerando a sua aplicação em um conjunto de 49 bases de dados. Os resultados obtidos indicam que esse algoritmo se constitui como uma boa alternativa à resolução do PASMD.

**PALAVRAS-CHAVES:** Análise de

Agrupamentos, Soma Mínima e BRKGA.

**ABSTRACT:** This article presents the proposal of an algorithm that was applied to the minimum sum of distances clustering problem with (MSDCP). Given a database with  $n$  objects and  $q$  variables, the objective is to distribute the objects in  $k$  groups, so that the total sum of distances between all pairs of objects, within each of the groups, is minimal. This problem has a high computational complexity, which makes it difficult to apply exhaustive or implicit enumeration methods. Considering this question, a heuristic algorithm based on the biased random-key genetic algorithms (BRKGA) was developed. In order to evaluate this algorithm, we perform computational experiments, considering its application in a set of 49 data bases. The results obtained indicate that this algorithm constitutes a good alternative to the resolution of MSDCP.

**KEYWORDS:** Clustering Analysis, Minimum Sum and BRKGA.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com a disponibilidade de máquinas com processadores cada vez mais velozes, e com grande quantidade de memória, tem ocorrido, nos últimos tempos, um grande aumento quanto

à capacidade de processamento e de armazenamento de dados. Considerando, então, tantos dados disponíveis e, das mais variadas fontes e finalidades, surge a questão natural de como extrair informações úteis desses dados.

Uma forma de extrair informação relevante, a partir da análise dos dados, consiste na utilização da análise de agrupamentos, que tem um importante papel em diversas áreas do conhecimento. Há vários exemplos de aplicações da análise de agrupamentos, sejam eles: na Medicina (incidência de certos tipos de câncer), na Química (classificação de compostos), no Marketing (segmentação de clientes) etc.

A análise de agrupamentos é uma técnica de Análise Multivariada que agrega vários métodos que têm, como objetivo, a formação de grupos. Mais especificamente, busca-se dividir os  $n$  objetos de uma base de dados em grupos, de maneira que cada grupo seja composto por objetos similares entre si (homogêneos). Tanto a similaridade quanto a dissimilaridade são calculadas utilizando uma medida de distância escolhida (Euclidiana, Manhattan etc) que é função das  $q$  variáveis associadas aos  $n$  objetos da base de dados.

A importância do agrupamento de objetos em diversas ciências e o enorme acúmulo de observações em bancos de dados tem motivado, nas últimas décadas, o desenvolvimento de vários métodos de agrupamento. Esses métodos, por sua vez, estão diretamente associados à forma de definir os agrupamentos, à métrica (distância) e à função objetivo utilizada. Ou seja, de acordo com a função, define-se um problema de agrupamento associado.

Este artigo traz a proposta de um novo algoritmo heurístico para o PASMD, que corresponde a um problema de alta complexidade computacional (BRITO; BRITO, 2008). O algoritmo foi desenvolvido mediante o estudo da metaheurística Algoritmo Genético de Chaves Aleatórias Viciadas. Foi aplicado em um conjunto de 49 bases de dados, de diferentes tamanhos (número de objetos) e dimensões (quantidade de atributos).

O artigo está dividido da seguinte forma: Na seção dois são apresentados os conceitos básicos de análise de agrupamentos. A seção três traz uma descrição do problema que foi abordado neste artigo. A seção quatro traz uma descrição do BRKGA e uma descrição do algoritmo proposto para o PASMD. Na seção cinco são apresentados alguns resultados computacionais referentes à aplicação do algoritmo nas bases de dados, análises e conclusões.

## 2 | ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS

Atualmente, existe um grande interesse, por parte de diversos pesquisadores, em analisar bases de dados dos mais variados tamanhos (em relação ao número de objetos ou registros) e dimensões (em relação ao número de atributos). Neste sentido, uma alternativa de análise diz respeito à aplicação de métodos análise de

agrupamentos para identificar grupos, mais especificamente, separar os objetos em grupos homogêneos. Desta forma, há a necessidade de se utilizar e desenvolver métodos que traduzam bases de dados em informação sobre a estrutura “natural” dos dados (HAIR et al., 2005). O advento da computação, e a crescente massa de dados disponibilizada nos últimos anos representam incentivos ao aprimoramento e desenvolvimento de métodos que sejam capazes de identificar grupos a partir das bases de dados para atingir este objetivo. Essas bases podem ser encontradas, por exemplo, em sites de órgãos públicos, universidades etc.

Os métodos de agrupamento operam através da utilização de medidas de distância que permitem a avaliação da dissimilaridade ou similaridade, sendo essas distâncias função das  $q$  variáveis associadas aos  $n$  objetos. Desta forma, a distância entre dois objetos quaisquer de uma base de dados é calculada a partir dos valores das variáveis dos dois objetos, através de uma fórmula matemática. Em geral, quanto menor a distância entre dois objetos, maior é a similaridade entre eles ou, equivalentemente, menor é a dissimilaridade.

Uma base de dados com  $n$  objetos, pode ser representada pelo conjunto  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , onde cada elemento  $x_i$  (objeto da base) corresponde a um vetor com  $q$  atributos (variáveis), ou seja,  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})$ . Destarte, a base de dados  $X$  é representada em uma matriz  $A_{n \times q}$ , onde as linhas correspondem aos objetos (registros) a serem agrupados e as colunas correspondem aos atributos de cada objeto. Ainda neste sentido, muitos dos algoritmos de agrupamentos têm, como entrada, uma matriz de distâncias  $D_{n \times n}$ , sendo o valor de cada entrada  $d_{ij}$  da matriz correspondente à distância entre dois objetos  $x_i$  e  $x_j$ . Para fins da avaliação da dissimilaridade, neste trabalho foi utilizada a distância euclidiana.

## 2.1 Métodos de agrupamento

Testar todas as alocações possíveis dos  $n$  objetos em  $k$  grupos, a fim de obter a melhor solução possível (grupos mais homogêneos) é uma tarefa que, em geral, não é possível, mesmo com os melhores computadores disponíveis atualmente. Por conta dessa dificuldade, e das inúmeras aplicações da análise de agrupamentos, muitos algoritmos de agrupamento têm sido desenvolvidos nas últimas décadas. Esses algoritmos, em geral, produzem soluções “razoáveis” (ótimos local: melhor solução possível, para um conjunto de soluções vizinhas), sem a necessidade de explorar todas as soluções possíveis (JOHNSON et al., 2007), ou seja, aplicar uma enumeração exaustiva, que tem por objetivo produzir a solução ótima global (melhor solução possível), pode não ser viável dependendo do número de objetos. Pois, à medida que  $n$  cresce, o número de soluções a serem enumeradas para o problema de agrupamento aumenta substancialmente (FADEL, 2013). Mais especificamente, o número de soluções possíveis (a enumerar) para  $n$  objetos e  $k$  grupos é dada pela fórmula do número de *Stirling* de segundo tipo (JOHNSON et al., 2007, p.672). A Tabela

1 ilustra, a partir desta fórmula, o aumento de soluções de acordo com o número de objetos em determinada base de dados.

n \ k	2	3	4	5
20	$5,24 \cdot 10^5$	$5,81 \cdot 10^8$	$4,52 \cdot 10^{10}$	$7,49 \cdot 10^{11}$
30	$5,37 \cdot 10^8$	$3,43 \cdot 10^{13}$	$4,80 \cdot 10^{16}$	$7,71 \cdot 10^{18}$
40	$5,50 \cdot 10^{11}$	$2,03 \cdot 10^{18}$	$5,04 \cdot 10^{22}$	$7,57 \cdot 10^{25}$
50	$5,63 \cdot 10^{14}$	$1,19 \cdot 10^{23}$	$5,28 \cdot 10^{28}$	$7,40 \cdot 10^{32}$
60	$5,76 \cdot 10^{17}$	$7,07 \cdot 10^{27}$	$5,54 \cdot 10^{34}$	$7,23 \cdot 10^{39}$
70	$5,90 \cdot 10^{20}$	$4,17 \cdot 10^{32}$	$5,81 \cdot 10^{40}$	$7,06 \cdot 10^{46}$

Tabela 1- Quantidade de soluções possíveis para o problema de agrupamento

Fonte: Elaboração Própria

Uma possível alternativa à enumeração consiste na aplicação de métodos de agrupamento classificados em hierárquicos e não hierárquicos (HAIR et al., 2005, p.398).

### 2.1.1 Métodos hierárquicos

São caracterizados, em sua execução, pela formação de estruturas hierárquicas formadas por sucessivas fusões ou divisões de grupos. Os métodos hierárquicos são divididos em dois tipos, a saber: Hierárquicos aglomerativos - começam com número de grupos igual ao de objetos e, a cada passo, os objetos mais próximos (de menor distância) são agrupados. Então, grupos mais similares também são agrupados até que, finalmente, todos os objetos formem um único grupo. Hierárquicos divisivos - começam com todos os objetos em apenas um grupo, e, no primeiro passo, divide-se esse grupo em dois, segundo a dissimilaridade de seus objetos, e os grupos permanecem sendo divididos de acordo com as distâncias entre eles, calculadas passo a passo, até que cada grupo tenha um único objeto.

### 2.1.2 Métodos não hierárquicos

Estes métodos têm como peculiaridade a definição, a priori, do número de grupos. Uma vantagem dos métodos não hierárquicos é que eles podem ser aplicados a bases de dados maiores (mais objetos), pois não há a necessidade de se armazenar a priori, em uma estrutura de dados, a informação da matriz de distâncias e as várias soluções para diferentes quantidades de grupos como nos métodos hierárquicos. Dentre os métodos não hierárquicos destacamos o k-means (k-médias) (HAIR et al., 2005) e k-medoides (KAUFMAN; ROUSEEUW, 2009).

## 3 | PROBLEMA DE AGRUPAMENTO COM SOMA MÍNIMA DE DISTÂNCIAS

O tipo de distância considerada e a função objetivo escolhida (avalia a

homogeneidade dos grupos), determinam diferentes estruturas de agrupamento. Seja  $X$  o conjunto constituído por  $n$  objetos  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ , com  $q$  variáveis, tal que  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iq})$  e que a distância  $d_{ij}$  entre dois objetos  $x_i$  e  $x_j$  quaisquer seja definida, por exemplo, como a distância euclidiana e suponha que o número de grupos  $k$  seja fixado a priori. No problema de agrupamento com soma mínima de distâncias (PASMD), busca-se alocar os  $n$  objetos em  $k$  grupos, denotados por  $C_1, C_2, \dots, C_k$ , de forma que a soma total das distâncias  $d_{ij}$  entre todos os objetos, tomados dois a dois, dentro de cada um dos grupos, seja mínima. Ou seja, busca-se minimizar a seguinte função objetivo:

$$\min f = \sum_{g=1}^k \sum_{\forall x_i, x_j \in C_g} d_{ij}$$

Ressalta-se, que resolver o PASMD não é uma tarefa trivial, e que realizar um processo de busca exaustiva, levando em conta todas as possíveis soluções para o problema pode não ser viável, visto que a quantidade de soluções possíveis para o problema é limitada, também, pelo número de *Stirling* de segundo tipo. Ainda neste sentido, dentre as propostas mais recentes encontradas na literatura, para a resolução desse problema, temos o trabalho de Brito e Brito (2008) com duas metaheurísticas, um algoritmo genético e o VNS (Variable Neighborhood Search). Serpa D. R. (2009) agrupa dados biológicos utilizando a função objetivo do problema de soma mínima e utilizando as metaheurísticas VNS e GRASP. Nascimento et al. (2009) resolve o problema proposto através de um algoritmo baseado na metaheurística GRASP.

Os algoritmos de agrupamento produzem, em geral, soluções que correspondem a ótimos locais. Por sua vez, esses ótimos podem ser considerados de boa qualidade (satisfatórios) quando têm proximidade com o ótimo global. Um algoritmo de agrupamento pode produzir ótimos locais distantes da solução ótima. Fato esse que pode ser problemático, pois as estruturas formadas na solução final podem não corresponder à estrutura real dos dados. Considerando essa questão, as metaheurísticas têm sido aplicadas a diversos problemas de agrupamento. Em linhas gerais, as metaheurísticas são heurísticas de uso geral desenvolvidas para uso em diversos problemas de otimização.

#### 4 | ALGORITMO GENÉTICO DE CHAVES ALEATÓRIAS VICIADAS

Assim como no algoritmo genético clássico, os termos cromossomo, população, geração e os operadores genéticos também estão presentes no BRKGA (GONÇALVES; RESENDE, 2011). Cada cromossomo corresponde a um vetor  $u$  de  $n$  posições com valores reais gerados segundo uma distribuição uniforme  $[0,1]$ . Assim sendo, a população, em cada geração, é dada por um conjunto de  $p$  vetores  $u$ . Os operadores de seleção, cruzamento e mutação são aplicados nestes vetores.

Também há um procedimento específico no BRKGA denotado por decodificador. O decodificador é aplicado em cada um dos  $p$  vetores  $u$ , produzindo  $p$  vetores solução  $s$ , que correspondem às soluções viáveis para o problema de otimização em questão, sendo o decodificador particular de cada problema. Após a decodificação, calcula-se o valor da função objetivo do problema em questão para cada um dos vetores  $s$ .

1. Seleção – Calcula-se o valor da função objetivo para cada um dos  $p$  vetores  $s$  e, com estes valores, ordena-se os cromossomos  $u$  do melhor para o pior, considerando os valores da função objetivo. Neste caso, os melhores cromossomos são aqueles que apresentam o menor valor da função objetivo. Assim sendo, define-se um percentual  $P_e$ , e seleciona-se para um conjunto definido como Elite, um total  $T_E = p \cdot P_e$  associados às  $T_E$  soluções associadas aos melhores cromossomos (menor valor de função objetivo), compondo o conjunto elite (E). As soluções de E são copiadas para a próxima geração e o resto dos cromossomos ( $p - T_E$ ) são classificados como não-elite, definindo o conjunto NE. O objetivo deste operador é garantir que os vetores  $u$  que produzem as melhores soluções  $s$ , encontradas até o momento, não sejam perdidas.
2. Mutação – Gera-se um número de novos vetores  $u$  que formam o conjunto mutação M. O objetivo deste operador é evitar que as soluções fiquem presas a mínimos locais não satisfatórios e dar diversidade ao algoritmo, pois adiciona à população soluções completamente novas, geradas estocasticamente. O tamanho do conjunto mutante é dado por  $T_M = p \cdot P_m$ , sendo  $P_m$  um percentual definido a priori.
3. Cruzamento – Este operador cria novos cromossomos (vetores  $u$ ) para a nova população a partir de cromossomos já existentes na população atual, combinando vetores de chaves aleatórias (chamados de pais) da população atual repetidas vezes para formar um conjunto da nova população. Um dos pais é um cromossomo escolhido aleatoriamente do conjunto elite, enquanto o outro é um cromossomo escolhido aleatoriamente do conjunto NE. Um mesmo pai pode ter mais de um filho por geração, pois os cromossomos são escolhidos com reposição. Então, os dois cromossomos (pais) são combinados da seguinte maneira:
  - I. É criado um cromossomo filho igual ao cromossomo não-elite.
  - II. É gerado um vetor de dimensão  $1 \times n$ , suas entradas são números gerados estocasticamente no intervalo  $[0, 1]$ , sendo esse vetor chamado de vetor RNG.
  - III. Para cada entrada  $i$  do vetor RNG verifica-se se este valor é menor que  $Prob_e$  que corresponde à probabilidade de cruzamento. Caso seja, então a  $i$ -ésima entrada do cromossomo filho é substituída pela  $i$ -ésima entrada (característica) do cromossomo selecionado de E. Deste modo, quanto maior o valor de  $Prob_e$ , maiores as chances de um filho possuir muitas características do cromossomo (pai) do conjunto elite. Se  $RNG \geq Prob_e$  então a  $i$ -ésima entrada do cromossomo filho é substituída pela  $i$ -ésima entrada (característica) do cromossomo selecionado de NE.

RNG	0,28	0,32	0,83	0,24	0,97	0,28
Pai Conjunto Elite	<b>0,73</b>	<b>0,38</b>	0,96	<b>0,09</b>	0,15	<b>0,95</b>
Pai Conjunto Não-Elite	0,98	0,39	<b>0,08</b>	0,04	<b>0,70</b>	0,52
Filho	<b>0,73</b>	<b>0,38</b>	0,08	<b>0,09</b>	0,70	<b>0,95</b>

Figura 1 - Exemplo de um cruzamento entre dois vetores pais para gerar um vetor filho (o tamanho do vetor de chaves aleatórias é 6 (n=6) e Probe = 0,8)

Fonte: Elaboração Própria

IV. Depois destes três passos, o cromossomo filho é colocado no conjunto cruzamento que fará parte da próxima geração. Desta forma, tanto os cromossomos elite como os não-elite têm probabilidade de passar suas características para as próximas gerações. Então, outros dois cromossomos (pais) são escolhidos de igual modo (e com reposição) de maneira sucessiva até que se tenha gerado uma quantidade suficiente de cromossomos filho para a geração seguinte.

O tamanho do conjunto cruzamento é dado por:

$$POP_{cruza} = p - T_E - T_M$$

A Figura 2 ilustra a transição da geração atual para a próxima, através da aplicação dos operadores genéticos.

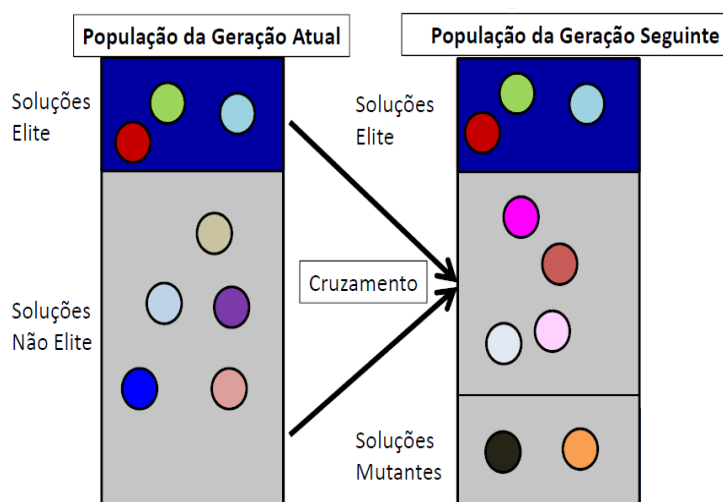


Figura 2 - Transição da geração atual para a nova geração.

Fonte: Figura baseada em figura apresentada em Gonçalves e Resende (2011).

Os três operadores genéticos são aplicados em todas as m gerações, em particular, da primeira para a segunda.

#### 4.1 Decodificador proposto para o pasmd

O decodificador implementado para o problema de soma mínima recebe um vetor u de chaves aleatórias de tamanho n (número de objetos) e retorna um vetor solução s de igual tamanho que será utilizado para o cálculo da função objetivo abaixo:



$$\min f = \sum_{g=1}^k \sum_{\forall x_i, x_j \in C_g} d_{ij}$$

Cada entrada  $s_i$  do vetor  $s$  corresponde a um inteiro positivo entre 1 e  $k$ . Esse vetor fornece a alocação dos objetos aos  $k$  grupos. A Figura 3 ilustra um agrupamento com  $n = 10$  e  $k = 3$ . A primeira linha representa o número de cada objeto, a segunda linha o vetor  $u$  e a terceira linha representa o número do grupo que cada objeto está alocado. Por exemplo, o grupo 1 é formado pelos objetos (7, 9), o grupo 2 pelos objetos (2, 3, 4, 5) e o grupo 3 é formado pelos objetos (1, 6, 8, 10).

objeto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	0,89	0,51	0,45	0,64	0,62	0,75	0,13	0,77	0,06	0,75
s	3	2	2	2	2	3	1	3	1	3

Figura 3-Exemplo de agrupamento de 10 objetos em 3 grupos.

Fonte: Elaboração Própria

Cada vetor solução  $s$  para o PASMD é obtido a partir do vetor de chaves aleatórias  $u$  em dois passos, quais sejam: (1) Multiplica-se cada entrada do vetor  $u$  pelo número  $k$  de agrupamentos produzindo um vetor  $z$  e (2) Aplica-se uma função em cada entrada de  $z$ . Esta função recebe um número real  $Y$  (entre 0 e  $k$ ) e retorna o menor número inteiro maior que  $Y$  em cada posição de  $s$ . Em seguida, aplica-se a função objetivo em  $s$ , calculando as distâncias entre objetos, tomados dois a dois dentro de cada um dos grupos. Por exemplo, suponhamos que um grupo  $G$  seja formado por três objetos,  $\{x_1, x_2, x_3\}$ ; a soma de distâncias dentro deste grupo será dada por  $\text{dist}(x_1, x_2) + \text{dist}(x_1, x_3) + \text{dist}(x_2, x_3)$ .

## 5 | RESULTADOS COMPUTACIONAIS

O algoritmo BRKGA, que incorpora os operadores descritos na seção anterior, além do decodificador específico, foi aplicado em um conjunto de 49 bases de dados, de diferentes fontes, com o número de objetos variando de 16 a 900 e o número de variáveis de 2 a 60. Todas as bases de dados foram padronizadas (*z-score*) a fim de evitar que variáveis de magnitudes diferentes tivessem impacto no agrupamento formado.

O BRKGA proposto neste artigo recebe como parâmetros de entrada: o tamanho  $n$ , o número  $k$  de grupos, percentual  $P_e$  da população considerado elite (menor que 50%), percentual  $P_m$  de mutantes na população, probabilidade  $\text{Prob}_e$  de uma característica de um cromossomo elite estar presente em seu filho (maior que 50%) e o número  $m$  de gerações. Em consonância com Gonçalves e Resende (2011), o valor escolhido para o tamanho da população foi 100. O algoritmo foi programado em linguagem R e os

experimentos computacionais foram realizados em um computador com processador Intel(R) Core(TM) i5-6400 CPU @ 2.70 GHz e dotado de 16 GB de memória. Para definir os valores dos parâmetros  $P_e$ ,  $P_m$  e  $Prob_e$ , foram escolhidas 5 bases de dados de diferentes tamanhos e quantidades de variáveis (dentre as 49). Nessas bases, o algoritmo BRKGA denotado, doravante, BRKGASOMA, foi aplicado considerando diferentes combinações desses parâmetros, para verificar qual combinação produziria os melhores resultados em relação à função objetivo. Esse experimento foi realizado considerando  $k = 4$ .

O BRKGA evolui uma população de vetores de chaves aleatórias ao longo de  $m$  gerações, ou até que atinja uma quantidade de gerações sem que o valor da função objetivo da melhor solução encontrada diminua, ou seja, foram considerados dois critérios de parada. O número máximo de gerações foi 1.000 e o número máximo de gerações sem melhoria (redução) no valor da função objetivo foi 200.

A combinação de parâmetros escolhida como a melhor foi: 20%  $P_e$ , 20% para  $P_m$  e 80%  $Prob_e$ . Esta combinação foi considerada nos experimentos realizados com o algoritmo em todas as 49 bases. O BRKGASOMA foi aplicado nas 49 bases de dados, considerando  $k$  variando de 2 a 5, ou seja, foram feitas 196 (número de grupos x número de bases) execuções do algoritmo. Para cada uma destas execuções, foi registrado: o valor da função objetivo associado à melhor solução encontrada, o tempo de processamento (em segundos), o número de gerações necessárias até encontrar a melhor solução, o total de gerações até o fim do processamento e o vetor  $s$  resposta associado à melhor solução (agrupamento) encontrada.

A tabela 2 a seguir traz algumas estatísticas descritivas quanto ao número de gerações, além do tempo médio que algoritmo consumiu para cada uma das bases de dados, considerando o número de grupos entre 2 e 5. É possível observar que para um número de grupos acima de 2 foi necessário, em média, um número de gerações superior a 500. Ou seja, melhores soluções são obtidas às custas de um maior número de gerações do algoritmo.

<b>k \ Estatísticas</b>	<b>Min</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Média</b>	<b>Q3</b>	<b>Máximo</b>	<b>CV</b>	<b>Tempo Médio (seg.)</b>
2	5	137	278	445,89	803	998	80%	2.122,62
3	15	328	846	668,86	987	1.000	52%	1.515,22
4	14	746	968	782,30	995	1.000	41%	1.241,00
5	27	889	980	837,84	998	1.000	33%	971,87

Tabela 2 - Estatísticas descritivas da distribuição dos valores das gerações e tempo médio.

Fonte: Elaboração Própria

Além desse experimento, de forma a avaliar a qualidade das soluções produzidas pelo BRKGASOMA, em função do tempo de processamento, foi realizado um segundo

experimento, utilizando sete bases dados. Este experimento consistiu em aplicar a formulação de programação inteira apresentada nos trabalhos de Brito e Brito (2008) e Nascimento et al (2009) para resolver o PASMD. Essa formulação foi implementada no software LINGO (versão 14.0).

Conforme comentado anteriormente, a aplicação de formulações para problemas de agrupamento só é factível, por conta do tempo computacional, para problemas de pequeno porte (n). Assim sendo, foi estipulado um tempo máximo de processamento para a execução dessa formulação, mais especificamente, 3.600 segundos (1 hora). Ao final desse tempo, foi registrado o ótimo local ou global. O Quadro 1 a seguir traz os resultados do BRKGASOMA e da formulação para as sete bases.

		k = 2					k = 3				
Base	n	BRKGASOMA	Tempo	Formulação	Tempo	Gap	BRKGASOMA	Tempo	Formulação	Tempo	Gap
IDH_AC	22	10,6	3	10,6	5	0,0%	5,3	3	5,3	132	0,0%
IDH_ES	78	78,8	24	89,6	3.600*	-12,0%	44,4	27	68,9	3.600*	-35,7%
IDH_RJ	92	106,7	28	144,0	3.600*	-25,9%	56,4	31	74,1	3.600*	-23,9%
Iris	150	9.063,5	136	10.006,5	3.600*	-9,4%	4.436,6	115	8.561,9	3.600*	-48,2%
Wine Data Set	178	28.567,9	164	34.185,7	3.600*	-16,4%	16.507,7	156	30.391,3	3.600*	-45,7%
Maronna	200	12.229,5	190	17.814,7	3.600*	-31,4%	6.690,4	354	16.208,7	3.600*	-58,7%
face	296	29.181,4	1.115	59.060,3	3.600*	-50,6%	13.709,7	767	34.021,2	3.600*	-59,7%
		k = 4					k = 5				
Base	n	BRKGASOMA	Tempo	Formulação	Tempo	Gap	BRKGASOMA	Tempo	Formulação	Tempo	Gap
IDH_AC	22	3,6	4	3,5	3.600*	1,2%	2,5	4	2,4	3.600*	1,2%
IDH_ES	78	30,8	20	47,7	3.600*	-35,5%	21,6	43	31,2	3.600*	-30,8%
IDH_RJ	92	37,5	42	60,9	3.600*	-38,3%	28,0	33	50,1	3.600*	-44,2%
Iris	150	3.112,4	98	4.724,5	3.600*	-34,1%	2.466,0	137	4.544,3	3.600*	-45,7%
Wine Data Set	178	11.999,3	196	17.845,8	3.600*	-32,8%	9.396,8	165	13.192,7	3.600*	-28,8%
Maronna	200	3.359,9	275	10.632,9	3.600*	-68,4%	2.625,7	233	4.840,7	3.600*	-45,8%
face	296	9.877,9	594	21.028,7	3.600*	-53,0%	7.052,5	489	17.568,8	3.600*	-59,9%

Quadro 1 - Resultados do BRKGASOMA e da Formulação

3600\* Melhor solução viável encontrada no tempo de 1 hora

Os valores da função objetivo em negrito correspondem à melhor solução encontrada e a coluna gap indica, em termos relativos, a diferença entre o valor da função objetivo do algoritmo BRKGASOMA e da formulação, sendo

$$\text{gap} = 100 \cdot (\text{FOBJ}_{\text{BRKGASOMA}} - \text{FOBJ}_{\text{formulação}}) / \text{FOBJ}_{\text{formulação}}$$

É possível observar que, em 23 dos 28 resultados (82%), ou seja, na maioria, o algoritmo BRKGASOMA produziu uma solução de qualidade superior à formulação em um tempo bem menor. A média dos gaps em que o BRKGASOMA apresentou resultados melhores que a formulação é de -38%, mostrando que os resultados do BRKGASOMA são de qualidade consideravelmente superior aos resultados da formulação. Em todos os casos, o BRKGASOMA apresentou os resultados em tempo menor que a formulação, sendo que, a formulação atingiu o limite de 1 hora em 26 dos 28 casos (92%). Nos dois únicos casos em que a formulação não atingiu o limite de 1 hora, a base de dados continha apenas 22 objetos, mostrando que a formulação se torna uma alternativa pouco viável conforme n aumenta.

Em dois casos a formulação atingiu ótimo global, ambos os casos na mesma base

IDH\_AC. Isto só foi possível por causa da pequena quantidade de objetos (apenas 22) nesta base. O BRKGASOMA também atingiu o ótimo global nestes dois casos.

Também, à medida que o número  $k$  de grupos aumenta, o tempo de processamento do BRKGASOMA diminui. Já em relação à formulação, o tempo de processamento aumenta substancialmente à medida que o tamanho da base ( $n$ ) aumenta. No caso do BRKGASOMA, o tempo de execução é bem impactado pelo cálculo da função objetivo. Mais especificamente, quando o número de grupos é muito pequeno, a quantidade de objetos em cada grupo é maior e, assim sendo, o número de combinações a serem geradas e utilizadas no cálculo da função objetivo torna-se demasiadamente grande, aumentando o tempo de processamento. O aumento do tempo de processamento da formulação está diretamente associado ao número de variáveis, que é da ordem de  $k.n^2+k.n$  (Brito e Brito, 2008). Considerando, por exemplo,  $n = 100$  e  $k = 2$ , temos 20.200 variáveis no problema. Já no caso de  $k = 3$  e  $n = 500$ , são 751.500 variáveis.

Os tempos médio e mediano de processamento para os 28 resultados apresentados do BRKGASOMA foram, respectivamente, de 195 segundos (3 minutos e 15 segundos) e 136 segundos (2 minutos e 16 segundos).

Os resultados apresentados na seção anterior indicam que o algoritmo proposto neste trabalho pode ser uma boa alternativa à solução do problema de agrupamento apresentado neste trabalho. Além disso, um novo estudo pode ser conduzido com diferentes bases de dados de tamanhos maiores a fim de se verificar o incremento no tempo de processamento de acordo com o tamanho das bases utilizadas.

Em um trabalho futuro pode-se analisar a eficácia e a eficiência do BRKGASOMA, considerando a utilização de outros decodificadores.

## REFERÊNCIAS

BRITO, J. A. M.; BRITO, L. R. **Algoritmos VNS e Genéticos Aplicados ao Problema de agrupamento com Soma Mínima de Distâncias**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, João Pessoa, Paraíba, Anais, 2008.

FADEL, AUGUSTO. **Um Estudo da Aplicação de Técnicas de Combinação de Agrupamentos**. Rio de Janeiro: Monografia. Escola Nacional de Ciências Estatísticas, 2013.

GONÇALVES, José Fernando; RESENDE, Mauricio GC. **Biased random-key genetic algorithms for combinatorial optimization**. Journal of Heuristics, v. 17, n. 5, p. 487-525, 2011.

HAIR, Joseph F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 5ª edição, 2005.

JOHNSON, R. A.; DEAN W. WICHERN. **Applied multivariate statistical analysis**. Essex: Pearson Education Limited, 6th edition, 2007.

KAUFMAN, Leonard; ROUSSEEUW, Peter J. **Finding groups in data: an introduction to cluster analysis**. John Wiley & Sons, 2009.

NASCIMENTO, Mariá CV; TOLEDO, Franklina MB; DE CARVALHO, André CPLF. **Investigation of a new GRASP-based clustering algorithm applied to biological data**. Computers & Operations

Research, v. 37, n. 8, p. 1381-1388, 2010.

SERPA, Dalila Ribeiro et al. **META-HEURÍSTICA VNS APLICADA A PROBLEMAS DE AGRUPAMENTOS**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Anais, 2009.

## APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE DO ESTOQUE DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA

**Everton Ortiz Rocha**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná

**Michell Eduardo Dallabrida**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná

**RESUMO:** O controle dos recursos produtivos vem sendo tratado com muita ênfase atualmente. Apesar de os recursos materiais mantidos em estoques proporcionam segurança em um ambiente incerto e de grande complexidade, entretanto acarretam em custos, imobilizam o capital financeiro da empresa, ocupam espaço físico que poderia ser destinado à produção, deterioram-se e tornam-se obsoletos. Há na bibliografia diversos estudos, referentes aos sistemas de manutenção de estoques, estes estudos visam projetar, programar e gerenciar um sistema de manutenção de estoques considerando suas diversas características como: demanda prazo de planejamento, restrições do sistema e os custos relativos ao estoque. Neste trabalho pretende-se construir um modelo que considere a capacidade de uma empresa ajustar seu processo produtivo com a demanda. Para a solução do problema é recorrida a uma técnica de otimização que podem ser modelado em uma sequência de estados (Programação Dinâmica).

**PALAVRAS CHAVE:** Pesquisa Operacional. Indústria Moveleira. Programação Dinâmica.

**ABSTRACT:** The control of the productive resources comes currently being deal with much emphasis. Although the kept material resources in supplies provide security in an uncertain environment and of great complexity, however causes costs, immobilizes the financial capital of the company, occupies physical space that could be destined to the production, deteriorates and becomes obsolete. It has in the bibliography diverse studies, referring to the systems of maintenance of supplies, these studies aim at to project, to implement and to manage a system of maintenance of supplies considering its diverse characteristics as: demand, deadline of planning, the relative restrictions of the system and costs to the supply. In this work it is intended to construct a model that considers the capacity of a company to adjust its productive process with the demand. For the solution of the problem it is appealed to one technique of optimization that can be shape in a sequence of states (Dynamic Programming).

**KEY-WORDS:** Operational Research. Furniture Industry. Dynamics Programming.

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor moveleiro brasileiro vem crescendo nos últimos anos, alavancando empresas de pequeno porte nesse segmento. Segundo a Abimóvel (2007), a indústria brasileira de móveis é formada por mais de 16 mil micros, pequenas e médias empresas que geram mais de 206 mil empregos.

Essas organizações por mais simples que pareçam no processo produtivo, lidam com o gerenciamento de materiais entre suas diversas operações e estes devem ser adequadamente equacionados. O produto deve estar disponível para comercialização, com a qualidade exigida pelo cliente, dentro do prazo previsto, entretanto não pode perder a competitividade, o capital investido deve ser rentável para empresa.

Davis *et al.* (2001, p.469), afirma que o estoque é definido como sendo “a quantidade de qualquer item ou recurso utilizado na organização”. Já Moreira (1993, p.463), por sua vez, entende por estoque “quaisquer quantidade de bens que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo”.

Na realização de suas atividades as empresas necessitam administrar diversos tipos de materiais. Os estoques podem ser classificados em 3 categorias: estoques de matérias-primas, estoques de produtos em processo e estoques de produtos acabados. A manutenção desses estoques depende intrinsecamente da natureza dos estoques.

As justificativas para administração de estoques de matérias primas são a facilidade de planejamento do processo produtivo, manutenção do melhor preço do produto e a prevenção de uma eventual falta de materiais e a obtenção de descontos de compra para grandes volumes (NAPIERALA, 2009).

Entretanto a manutenção e gerenciamento dos estoques também geram custos, risco de obsolescência do produto, tal como imobilização do capital financeiro. As suas operações dependendo do nível da empresa e de sua relação na cadeia de suprimentos, apresentam dificuldades de operação, isso devido a encontrar quais níveis manter os níveis de estoque, e a frequência de transporte e como deve ser o planejamento e controle da produção, de forma a minimizar os custos globais.

De forma que a gestão de grandes volumes seja questionada nos dias de hoje, técnicas alternativas vêm surgindo como o conceito de *supplychain management*, ele ajuda reduzir custo, representando alternativas para falta de materiais. Adicionalmente através de contratos futuros para se proteger das oscilações nos preços dos insumos.

Aliada a isso as técnicas de Pesquisa Operacional como a Programação Dinâmica (PD) se mostram úteis para encontrar opções para a tomada de decisão, quanto ao as ordens de compra, níveis de estoque, a fim de se obter o menor custo. A programação Dinâmica pode tratar de variáveis determinísticas ou estocásticas, dependendo da sazonalidade da demanda, o nosso caso é determinístico. O caso estudado em questão nesse trabalho visa encontrar alternativas para o gerenciamento dos estoques em uma indústria moveleira do oeste do Paraná.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional surgiu durante a segunda guerra mundial, quando equipes de pesquisadores britânicos decidiram tomar decisões amparadas em bases científicas, sobre como melhor utilizar os recursos materiais na guerra para resolver determinados problemas de operações militares. As técnicas se mostraram bem apresentaram grande efetividade, tanto que findada a guerra, diversas operações militares foram aproveitadas na área civil (TAHA, 2008).

As técnicas da Pesquisa Operacional lidam com problemas e como resolvê-los em certas operações em uma organização e tem sido aplicadas nas áreas mais diversas tais como: Indústria, transportes, telecomunicações, finanças, serviços públicos, operações militares etc. (MOREIRA, 2010).

Para resolução dos problemas a PO utiliza métodos analíticos para ajudar os tomadores de decisões sobre quais são as melhores alternativas a qual escolher. Diversas técnicas são utilizadas na resolução dos problemas como a modelagem matemática, por exemplo, através do qual os executivos tem o poder tomar decisões baseados em dados mais completos e considerando a todas ou senão a maioria das soluções possíveis.

“A programação dinâmica (PD) é uma técnica matemática de utilidade frequente para se tomar uma sequência de decisões inter-relacionadas” (LOESCH; CLAUDIO, p.149, 2009).

Segundo TAHA (2008), a Programação Dinâmica (PD), gera uma solução ótima de um problema de multivariáveis decompondo o problema em estágios, no qual são subproblemas de uma variável. O que se torna uma vantagem o método, pois realiza o processo de otimização em apenas uma variável de cada vez, facilitando os cálculos.

Um problema de Programação Dinâmica tem a seguinte conceituação:

- a. Etapas: Diferentes níveis de divisão de um problema, em cada problema se estabelece um plano de divisão.
- b. Estados: Cada etapa tem associado um número de estados, em geral os estados são as várias condições possíveis que um sistema pode apresentar em uma dada etapa.
- c. Segundo determinado plano seu efeito é alterar o estado corrente do sistema, associado a etapa seguinte até o um limitante desejado.
- d. Princípio de Otimalidade: Esse princípio rege a programação dinâmica, ou seja, para um problema ser resolvido por esta técnica esse princípio deve ser seguido. O estado de conhecimento final do sistema deve conter toda a informação prévia do seu comportamento, necessária para determinar o plano ótimo por meio dele.



- e. Recursividade: É uma relação funcional que identifica o plano ótimo para cada estado na etapa genérica  $n$ , dado o plano ótimo para etapa  $(n+1)$ . Esta relação varia com o problema em causa.

## 2.2 Gestão de Estoque

Coordenar o fluxo de bens e serviços entre instalações físicas é um dos principais focos na gestão da cadeia de suprimentos. Decidir quanto e como movimentar os produtos é preocupação constante e também onde comprar a matéria prima, e quanto produzir, em quais níveis manter os estoques para manter os custos nos menores níveis possíveis (BALLOU, 2006).

A gestão de estoques é uma área essencial para uma boa administração de qualquer empresa voltada para a produção ou para vendas, onde o desempenho dessa área se reflete em toda a organização afetando imediatamente os resultados comerciais e financeiros (FRACISCHINI et al, 2002).

Para Dias (1995), o principal objetivo do controle de estoque é otimizar o controle do inventário, utilizando os recursos internos da maneira mais eficiente, minimizando o capital investido em estoque.

Os estoques são recursos ociosos que possuem valor econômico, os quais representam um investimento destinado a incrementar as atividades de produção e servir aos clientes. Entretanto, a formação de estoques consome capital de giro, que pode não estar tendo nenhum retorno do investimento efetuado e, por outro lado, pode ser necessário com urgência em outro segmento da empresa, motivo pelo qual o gerenciamento deve projetar níveis adequados, objetivando manter o equilíbrio entre estoque e consumo.

Uma das primeiras medidas práticas, válidas até hoje, para equacionar a problemática do quanto e quando ressuprir foi a adoção de procedimentos como grau de controle, tamanho do estoque e quantidade de reposição, norteados pelos critérios da classificação ABC, conforme demonstra a Figura 1 (VIANA, 2002).

Classe	Média registrada nas empresas		Grau de controle	Tamanho do estoque	Procedimentos e constância de reposição
	Quantidade (% de itens)	Valor (% de R\$)			
A	10-20%	70-80%	Rígido	Baixo	Frequentes, revisões constantes e rigorosas.
B	30-40%	15-20%	Normal	Moderado	Pedidos normais, algum acompanhamento.
C	40-50%	5-10%	Simple	Grande	Pedidos espaçados, suprimento para 1 a 2 anos.

Já Peinado (2007) descreve de uma forma simplificada que, onde existe necessidade de materiais não existir estoques. Os materiais são formadores naturais de estoques, que muitas vezes representam valor de capital e precisam ser administrados de forma correta, sob pena de afetarem negativamente o desempenho da empresa, provocando comprometimento à sua lucratividade. Ele separa os tipos de estoques em três categorias:

- a. Estoques cíclicos existem somente, e tão somente, porque a produção ou compra de material se dá em lotes, ou bateladas, que proporcionam economias que compensam os custos associados à manutenção deste tipo de estoque. Geralmente, não é compensador ligar uma grande máquina para produzir apenas uma ou algumas peças. Os estoques cíclicos costumam ser classificados como sendo de naturezas determinísticas por considerarem que suprimento e a demanda vão se manterem constantes e invariáveis ao longo do tempo.
- b. Estoques de segurança visam a proporcionar certo nível de atendimento exigido neutralizando os riscos impostos pela possível flutuação do suprimento ou da demanda. Em outras palavras, a organização conta com estoque adicional para compensar um eventual atraso na produção, na entrega, ou mesmo um aumento inesperado na demanda. Os estoques de segurança levam em consideração a probabilidade de as incertezas acontecerem, por esta razão, são classificados como de natureza probabilística.
- c. Estoques sazonais podem ser necessários para atender a períodos de sazonalidade, tanto da demanda pelo produto acabado como da oferta de matéria-prima. Em muitas ocasiões, a demanda anual não ocorre de forma linear ao longo dos meses. Por outro lado, as indústrias têm a tendência de produzir uma quantidade relativamente constante de produtos por mês. Assim, nos meses de baixa demanda. Esses estoques são denominados de estoques sazonais.

## 2.3 Demanda

Viana (2002) define que o procedimento básico de qualquer previsão é reduzir a incerteza. A decisão correta a ser tomada hoje depende de se conhecer, tanto quanto possível, as condições que prevalecerão no futuro. Infelizmente, não se pode eliminar a incerteza. Não obstante, as previsões necessitam ser elaboradas.

Podem-se distinguir três tipos de demanda relacionados a seguir:

- a. Demanda perfeitamente conhecida: é o caso normal em montagens, obras e similares. Ainda nesta categoria, podemos ter demandas constantes no

tempo, portanto com comportamento regular de consumo; por exemplo, em linhas de montagem;

- b. Demanda aleatória: é o caso em que o material foi estocado durante um tempo suficiente para acumular registros de consumo. Ainda, a demanda é aleatória, porém a distribuição de probabilidade pode ser conhecida, por meio do comportamento irregular, em que os consumos, ainda que perfeitamente identificados, são irregulares com relação ao tempo;
- c. Demanda sob incerteza: existe ignorância completa com relação às probabilidades dos vários níveis de demanda futura. Pode-se também denominar esta situação com demanda sob-risco.

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo aqui apresentado foi realizado recentemente, em uma indústria moveleira, de pequeno porte, localizada em Foz do Iguaçu. A empresa trabalha com chapas de MDF em seu processo produtivo, ela compra essas chapas para produzir móveis sobre encomenda, em meses de grande demanda é necessário muitas vezes manter essas chapas MDF estocadas, para se proteger do perigo atraso na produção, isso acarreta invariavelmente em maiores custos de manutenção de estoques em relação aos custos de transporte, esse equilíbrio deve ser encontrado, nesse contexto a Programação Dinâmica (PD) se mostra útil para encontrar alternativas para o controle dos estoques.

Para realização deste estudo utilizando a (PD), foi realizado um levantamento de dados, onde foram encontrados dados como: Custo de estocagem, custo de transporte, níveis de estoque, demanda para se ajustar os dados para o modelo.

Modelo:

O método de resolução que melhor adequa-se ao problema é o BACKWARD (recursão progressiva), onde são obtidos os dados em um momento presente, então faz-se uma conjuntura sobre as variáveis de modo a prever seu comportamento futuro, e obter uma previsão do seu estado.

Equação de Equilíbrio de Massa:

$$S_t = s_{t-1} + x_t - d_t \leq 180 \quad (1)$$

Onde:

s: Quantidade de estoque no momento t;

x: Quantidade de MDF comprada no momento t;

d: Produção de peças no momento t;

$$F(S_t) = \text{Min}\{F(S_{t-1}) + C_{cp} + C_{ms}\} \quad (2)$$

Onde:

F(S<sub>t</sub>): Custo total no momento t;

$F(S_{t-1})$ : Custo do estágio anterior, no momento  $(t-1)$ ;

$C_{cp}$ : Custo de transporte da chapa MDF, no caso como um custo fixo de pedido é de 2.000,00, mais 170,00 por peça comprada, como pode ser visualizada na equação abaixo:

$$C_{cp} = 2.000,00 + 170 * x_t \quad (3)$$

$C_{ms}$ : Custo de manutenção do estoque, que é aproximadamente 3% da quantidade estocada. Como vista na equação:

No seguinte problema, foi analisado o período de 3 meses de funcionamento do estoque, nos meses de Julho à Setembro. A demanda para produção de móveis pode ser visualizada na tabela 1.

Meses	Quantidade
Julho	80
Agosto	110
Setembro	60

Tabela 1 – Demanda de chapas MDF em uma indústria moveleira nos meses de Julho a Setembro

Fonte: Adaptado ao Autor (2014)

O estoque inicial considerado para análise é  $S(0)$ , contendo um estoque de 80 unidades. E ao final dos 3 meses, um  $S(3)$ , estoque final de 60 unidades. O pedido mínimo é 10 unidades para ser viável o transporte de mercadorias, bem como os lotes de fabricação também são de 10 chapas. Os pedidos são incrementados em 10 unidades por pedido, suportando um estoque de 180 chapas, sendo o limite do espaço físico disponível. O custo de estoque é de aproximadamente R\$ 0,03/chapa.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de realizados os cálculos, utilizando planilhas no Microsoft Excel®, obteve-se os níveis de estoque para os 3 meses considerados nessa análise, tais como a quantidade a adquirida para cada período, resultando em menores custos acumulados no período, esses resultados podem ser observados na Tabela 2.

Estágio	Estoque inicial	Estoque final	Compra	Custo total acumulado
S1	80	20	20	R\$ 5.403,00
S2	20	120	210	R\$ 43.106,60
S3	120	60	0	R\$ 43.108,40

Tabela 2 – Resultado do planejamento nos 3 estágios

Fonte: Adaptado ao Autor (2014)

Observamos que, para o estágio inicial o modelo recomenda a utilização de todo estoque absorvido pela demanda e a compra de 20 unidades para o segundo

mês, tendo um custo de R\$ 5.403,00. No estágio 2 o modelo recomenda comprar 210 chapas, mantendo 120 no estoque gerando um custo de acumulado de R\$ 43.106,60. Já no estágio 3 o modelo recomenda não comprar, mantendo um estoque final de 60, que era desejado manter no final da programação, acarretando em um custo total acumulado em R\$ 43.108,40.

O caminho ótimo encontrado pelo método da Programação Dinâmica em relação ao pior caminho, gerou uma economia de aproximadamente R\$ 2.000,00, isso evidencia que em apenas 3 meses de planejamento, utilizando esta técnica, gerou uma economia razoável para trabalhos futuros no qual o prazo de planejamento for maior, a economia gerada pode ser mais significativa.

## 5 | CONCLUSÕES

O gerenciamento viável e eficiente dos sistemas de estoque tem demandados diversas pesquisas e discussões relacionadas aos níveis de estoque ao serem mantidos em relação ao tamanho dos lotes, a frequência de compra de matérias-primas de forma a manter o produtivo, mantendo abastecido o mercado.

Nas últimas décadas tem sido desenvolvidos diversos sistemas de controle. Há uma gama grande de trabalhos na área, referentes a sistemas de controle para demanda dependente que propõe sistemas interligados, baseados na tecnologia da informação. Existem também modelos clássicos baseados no lote econômico de compra e produção, estes modelos levam em consideração o caráter cíclico de estoque, e o caráter determinístico, ou probabilístico da demanda.

O presente estudo tratou de um modelo de estoque de caráter determinístico, quando a demanda é conhecida. O mérito do modelo é proporcionar um plano ótimo de produção que minimize os custos de compra e manutenção de estoques. Para cada estágio foi tomada uma decisão acerca da compra. A gerência deve determinar os lotes de produção de forma a satisfazer a demanda do período. Uma vez em que a demanda seja variável, existe uma tendência de o modelo recomendar a produção de maiores níveis de produção para estoque de forma a compensar essa variabilidade, uma vez que os custos de transporte são bem altos.

Uma das vantagens da PD é que as funções de retorno não precisam ser lineares, isso permite uma aplicação mais verossímil. A programação dinâmica pode ser resolvida pelo auxílio de computadores, entretanto o aumento dos níveis de estoques e do horizonte de planejamento, o número de combinações possíveis tornam-se extremamente grandes, tornando impossível uma análise detalhada do sistema. Com o aumento do número de estados, chega-se logo a valores intratáveis, mesmo com toda a capacidade computacional disponível.

## REFERÊNCIAS

- ABIMÓVEL 2007. **Panorama do setor moveleiro no Brasil:** informações gerais. São Paulo, v.2. Disponível em: <<http://www.abimovel.com/download/Panorama%20Agosto%202006%20%20Reduzido.doc>>. Acesso em 12 de Junho de 2014.
- BALLOU Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos.** 5 ed. Porto Alegre: Bookman. 2006.
- DIAS, M. A. **Administração de Materiais.** 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995.
- FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F. A. **Administração de materiais edo patrimônio.** São Paulo: Thomson Pioneira, 2002.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório.** 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- NAPIERALA, Hieroin. **Planejamento da produção e gerenciamento de materiais através da programação dinâmica.** Revista Faz Ciência, v.10 n.1 Jul. /Dez. 2009 p. 175 – 194.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre R.. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: Unicenp, 2007.
- TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- VIANA, João José. **Administração de materiais.** São Paulo: Editora Atlas S.A, 2002.

## PROBLEMA DE PORTFÓLIO DE MÉDIO PRAZO PARA UM GERADOR HIDROELÉTRICO

**Tiago Forti da Silva**

Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru –  
FEB

Bauru, São Paulo

**Leonardo Nepomuceno**

Universidade Estadual Paulista – UNESP Bauru –  
FEB

Bauru, São Paulo

**RESUMO:** O mercado *pool* de energia consiste em uma série de leilões diários onde a eletricidade é negociada de acordo com um preço horário, apresentando possibilidade de grandes lucros porém com um alto risco associado. Por outro lado, no mercado de futuros a venda de energia ocorre através de contratos de médio e longo prazo com preços conhecidos no momento da negociação, podendo ser usado como ferramenta de *hedging*. Dessa maneira, um agente gerador deve distribuir sua capacidade produtiva entre os dois mercados, de forma a buscar um equilíbrio entre o aumento dos lucros e a diminuição dos riscos associados, o que recebe o nome de problema de portfólio. No caso dos geradores hidrelétricos, a sua capacidade produtiva varia com o volume armazenado nos reservatórios, tornando necessária a coordenação entre a venda de energia e o gerenciamento hidráulico. Esse trabalho propõe um modelo de otimização

para resolver o problema de portfólio de um gerador hidroelétrico utilizando o valor de risco condicional CVaR como medida de risco. A ferramenta proposta é testada para um sistema realista com 13 usinas hidrelétricas considerando um horizonte de planejamento de 1 ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Problema de Portfólio; Mercados de Eletricidade; Programação Estocástica.

**ABSTRACT:** The pool electricity market consists of a series of daily auctions where electricity is traded according to an hourly price, presenting possibility of high profits but with a high associated risk. On the other hand, in the futures market the trading of energy occurs through medium- and long-term contracts with known prices at the time of negotiation, and can be used as a hedging tool. In this way, a generating agent should distribute its generation capacity between these two markets, aiming to a balance between increasing the profits and reducing the associated risks, which is called the portfolio problem. In the case of hydroelectric generators, their generation capacity varies with the volume stored in the reservoirs, making necessary the coordination between the sale of energy and the hydraulic management. This work proposes an optimization model to solve the portfolio problem of a hydroelectric generator

using conditional value at risk (CVaR) as a risk measure. The proposed tool is tested for a realistic system with 13 hydroelectric plants considering a planning horizon of 1 year.

**KEYWORDS:** Power Portfolio Optimization; Electricity Market; Stochastic Programming.

## 1 | NOMENCLATURA

### 1.1 Índices

$f$	Índice de contratos de futuros disponíveis $\{1, \dots, N_f\}$ ;
$g$	Índice de usinas $\{1, \dots, N_g\}$ ;
$j$	Índice de blocos das curvas de contratos de futuros $\{1, \dots, N_j\}$ ;
$t$	Índice de períodos $\{1, \dots, N_t\}$ ;
$\omega$	Índice de cenários de preço $\{1, \dots, N_\omega\}$ ;
$h$	Índice de cenários de vazão $\{1, \dots, N_h\}$ .

### 1.2 Constantes

$C_g$	Custo de geração da unidade $g$ (\$/MWh);
$D_t$	Duração do período $t$ (h);
$E_t^{old}$	Energia de contratos anteriores ao planejamento (MWh);
$F_1$	Fator de conversão igual a 0,0036;
$H_g$	Altura de queda média da usina $g$ (m);
$K_g$	Produtibilidade média considerada para a usina $g$ (MW/m <sup>3</sup> /s/m);
$\bar{P}_{fj}$	Limite do bloco $j$ do contrato $f$ (MW);
$P_g^{\max}$	Potência instalada da usina $g$ (MW);
$V_g^0$	Volume inicial da usina $g$ (Hm <sup>3</sup> );
$V_g^{\max}$	Volume máximo inicial da usina $g$ (Hm <sup>3</sup> );
$V_g^{\min}$	Volume mínimo da usina $g$ (Hm <sup>3</sup> );
$\lambda_{fj}^F$	Preço do bloco $j$ do contrato $f$ (\$/MWh);
$\alpha$	Fator de confiança do CvaR;
$\beta$	Fator de ponderação da aversão ao risco;
$\pi_{\omega h}$	Probabilidade de ocorrência dos cenários de preço $\omega$ e vazão $h$ .

### 1.3 Realizações de Cenários

$\lambda_{t\omega}$	Realização do preço <i>spot</i> do mercado <i>pool</i> no período $t$ para o cenário de preços $\omega$ (\$/MWh);
$\Psi_{gth}$	Realização da vazão afluente da usina $g$ no período $t$ para o cenário $h$ (Hm <sup>3</sup> /s).



## 1.4 Variáveis Reais

$e_{twh}^P$	Energia ofertada no <i>pool</i> no período <i>t</i> para os cenários de preço $\omega$ e de vazão $h$ (MWh);
$e_{gtwh}^{tot}$	Geração da unidade <i>g</i> no período <i>t</i> para os cenários $\omega$ e $h$ (MWh);
$p_{fj}^F$	Potência contratada no bloco <i>j</i> do contrato de futuros <i>f</i> (MW);
$\zeta$	Variável auxiliar do cálculo do CvaR;
$\xi\omega h$	Variável auxiliar do cálculo do CvaR atrelada aos cenários $\omega$ e $h$ ;
$q_{gtwh}$	Turbinagem da usina <i>g</i> no período <i>t</i> para os cenários $\omega$ e $h$ (m <sup>3</sup> /s);
$s_{gtwh}$	Vertimento da usina <i>g</i> no período <i>t</i> para os cenários $\omega$ e $h$ (m <sup>3</sup> /s);
$v_{gtwh}$	Volume da usina <i>g</i> no período <i>t</i> para os cenários $\omega$ e $h$ (m <sup>3</sup> /s).

## 2 | INTRODUÇÃO

O mercado *pool* de energia consiste em uma série de leilões realizados diariamente, onde o agente gerador vende energia de acordo com um preço *spot* horário, apresentando oportunidades de lucros altos mas também uma elevada volatilidade dos preços (ARROYO; CONEJO, 2002). Por outro lado, o mercado de futuros negocia a venda de energia através de contratos de longo prazo com preços conhecidos, podendo ser utilizado como ferramenta de *hedging* (STRBAC, 2004). Dessa forma, surge o problema de decidir a quantidade de energia que deve ser ofertada no mercado de futuros e a quantia que deve ser reservada para a negociação no *pool*, visando obter um compromisso entre a maximização dos lucros e a minimização do risco associado (CONEJO et al., 2008).

Quando consideramos o caso de um agente gerador hidroelétrico esse problema se torna mais complexo, uma vez que sua capacidade produtiva varia com a disponibilidade de água (STEEGER; BARROSO; REBENNACK, 2014; WOLFGANG et al., 2009). Por esse motivo, o envolvimento nos mercados *pool* e de futuros deve ser feito de maneira coordenada com o gerenciamento dos níveis de seus reservatórios (SHRESTHA et al., 2005).

### 2.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho é desenvolver um modelo de otimização do envolvimento no mercado de futuros para um gerador hidroelétrico, considerando as incertezas associadas ao preço do mercado *pool* e a vazão afluyente, utilizando o valor de risco condicional (CVaR) como técnica de mensuração ao risco.

## 2.2 Organização do Trabalho

O trabalho está organizado da seguinte maneira: O modelo proposto é apresentado na Seção 3. Na Seção 4 é realizado um teste preliminar como exemplo, considerando um agente gerador com duas usinas hidrelétricas e um horizonte de uma semana, dividido em sete períodos de um dia. Na Seção 5 o sistema é testado para uma cascata hidráulica com treze usinas, considerando um horizonte de um ano dividido em 365 períodos. Finalmente, na Seção 6 discutem-se os resultados obtidos e são apresentadas as conclusões sobre o trabalho.

## 3 | MODELO

### 3.1 Função Objetivo

$$\text{Maximize}_{P_{ff}^F, e_{t\omega h}^P, e_{gt\omega h}^{tot}, \zeta, \xi} \sum_{\omega=1}^{N_\Omega} \sum_{h=1}^{N_H} \pi_{\omega h} \sum_{t=1}^{N_t} \left( \sum_{f \in F_t} \sum_{j=1}^{N_j} \lambda_{ff}^F p_{ff}^F D_t + \lambda_{t\omega} e_{t\omega h}^P - \sum_{g=1}^{N_g} C_g e_{gt\omega h}^{tot} \right) + \beta \left( \zeta - \frac{1}{1-\alpha} \sum_{\omega=1}^{N_\Omega} \sum_{h=1}^{N_H} \pi_{\omega h} \xi_{\omega h} \right)$$

O primeiro termo da função objetivo representa o lucro do agente gerador, dado pela soma da receita com os contratos de futuros e o valor esperado do lucro no mercado *pool*, descontando-se o custo pela geração de energia. O segundo termo da equação corresponde a mensuração do risco assumido dado pelo CVaR, através do fator de ponderação  $\beta$ . No caso de uma estratégia de atuação conservadora o agente gerador deve escolher altos valores de  $\beta$ , aumentando o peso do CVaR na função objetivo, enquanto um agente disposto a assumir um maior risco visando melhorar seus lucros pode escolher um valor pequeno de  $\beta$ .

### 3.2 Restrições tecno-econômicas

$$0 \leq p_{ff}^F \leq \bar{P}_{ff}, \forall f, j = i, \dots, N_j \quad (2)$$

$$0 \leq e_{gt\omega h}^{tot} \leq P_g^{max} D_t, \forall g, \forall t, \forall \omega, \forall h \quad (3)$$

$$\sum_{g=1}^{N_g} e_{gt\omega h}^{tot} = e_{t\omega h}^P + \sum_{f \in F_t} \sum_{j=1}^{N_j} p_{ff}^F D_t + E_t^{old}, \forall t, \forall \omega, \forall h \quad (4)$$

$$\zeta - \sum_{t=1}^{N_t} \left( \sum_{f \in F_t} \sum_{j=1}^{N_j} \lambda_{ff}^F p_{ff}^F D_t + \lambda_{t\omega} e_{t\omega h}^P - \sum_{g=1}^{N_g} C_g e_{gt\omega h}^{tot} \right) \leq \xi_{\omega h}, \forall \omega, \forall h \quad (5)$$

As restrições (02) a (04) foram propostas por (CONEJO; CARRIÓN; MORALES, 2010), onde as restrições (02) representam o limite dos blocos de contrato no mercado de futuros, enquanto as equações (03) estabelecem a capacidade máxima de geração de cada unidade. As restrições (04) estabelecem que a soma da geração de todas as unidades deve ser equivalente ao total de energia comercializada, considerando o mercado *pool*, o mercado de futuros e possíveis contratos antigos ainda em vigor,

representados pelo termo  $E_t^{old}$ .

As restrições (05) representam o cálculo do valor de risco condicional (CVaR) assumido pelo agente gerador, considerando as incertezas no preço *pool* e na vazão afluente. O CVaR é utilizado por ser facilmente modelado, além de ser uma medida de risco coerente, ou seja, que obedece as propriedades postuladas por (ARTZNER et al., 1999). O conceito do CVaR baseia-se na curva da função lucro, onde considerando-se um quantil  $1-\alpha$  para um dado  $\alpha \in (0,1)$  (o que equivale ao Valor de Risco VaR), o CVaR será dado pela área da curva inferior ao quantil  $1-\alpha$ , conforme mostrado na Figura 1. Isso é equivalente a dizer que o CVaR representa o lucro esperado para os  $1-\alpha$  piores cenários possíveis.

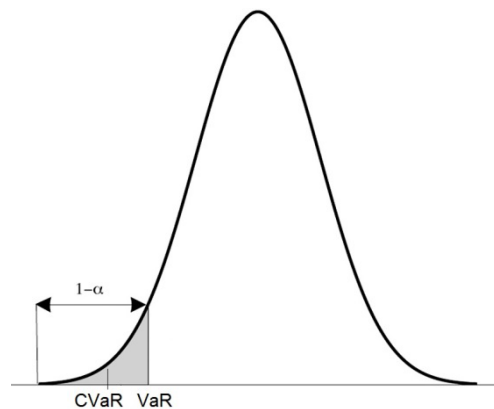


FIGURA 1: Definição do CVaR na função de lucro.

Adaptado de (CONEJO et al., 2008).

### 3.3 Restrições hidráulicas e de não-negatividade

$$e_{gt\omega h}^{tot} = K_g q_{gt\omega h} H_g D_t, \forall g, \forall t, \forall \omega, \forall h \quad (6)$$

$$v_{gt\omega h} = v_{gt-1\omega h} + (\Psi_{gth} - q_{gt\omega h} - s_{gt\omega h}) F_1 D_t, \forall g, \forall t, \forall \omega, \forall h \quad (7)$$

$$V_g^{min} \leq v_{gt\omega h} \leq V_g^{max}, \forall g, \forall t, \forall \omega, \forall h \quad (8)$$

$$v_{gt\omega h} = V_g^0, \forall g, \forall \omega, \forall h, t = N_T \quad (9)$$

$$q_{gt\omega h}, s_{gt\omega h}, e_{t\omega h}^P, \zeta, \xi_\omega \geq 0 \quad (10)$$

As restrições (06) representam uma linearização do rendimento de uma usina hidrelétrica, que é dado pelo produto entre a turbinagem total no período ( $q_{gt\omega h}$ ), a produtividade média ( $K_g$ ) e a altura de queda média verificada naquela usina ( $H_g$ ) (CICOGNA; FILHO, 1999). Finalmente, o termo  $D_t$  representa a duração do período considerado. As restrições (07) representam o balanço hidráulico, considerando que o volume no final do período ( $v_{gt\omega h}$ ) é dado pelo volume do período anterior ( $v_{gt-1\omega h}$ )

hsomado com a resultante entre a vazão afluyente ( $\Psi_{gth}$ ), a turbinagem ( $S_{gtwh}$ ) e o vertimento ( $S_{gtwh}$ ) da usina, multiplicada por um fator de conversão ( $F_1$ ) Novamente é necessário o termo  $D_t$  para levar em consideração as diferentes durações de período consideradas.

As restrições (08) representam os volumes operacionais mínimos e máximos dos reservatórios, enquanto as restrições (09) garantem que o volume final dos reservatórios seja igual ao apresentado no início do primeiro período. Finalmente, as restrições (10) garantem a não-negatividade das variáveis do problema. Note que, para o caso particular de  $e_{wh}^P$ , a não-negatividade pode ser eliminada do modelo para uma situação onde considere-se que o agente gerador possa comprar energia no mercado *pool*.

## 4 | EXEMPLO ILUSTRATIVO

O modelo proposto foi testado para uma companhia geradora com duas usinas hidrelétricas, considerando um horizonte de uma semana dividido em sete períodos de 24 horas. Para os cenários de vazão foram utilizados os dados reais para as usinas de Ituiutaba e Funil Grande para a primeira semana dos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2013, além dos seus valores de potência instalada, produtividade e altura de queda média (ONS, 2017). Os cenários de preço estão disponíveis na Tabela 1 (dados em \$/MWh). Para o mercado de futuros, utilizou-se uma curva de preços com quatro blocos de 10 MW de potência e valores de venda de \$ 37.00, \$ 35.00, \$ 33.00 e \$ 30.00, respectivamente.

Período	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1	46.17	40.66	25.75	26.68
2	51.69	41.37	38.03	31.14
3	52.45	41.67	38.42	32.89
4	57.75	41.45	36.68	30.42
5	52.45	41.85	34.06	36.92
6	51.69	41.35	32.61	24.79
7	50.58	39.38	21.42	25.46

TABELA 1: Cenários de preço spot utilizados.

### 4.1 Risco Neutro

Como referência, foi resolvido o modelo proposto considerando o parâmetro  $b = 0$ , representando uma situação de risco neutro, ou seja, quando o risco associado não é considerado pelo agente gerador.

A solução obtida não apresentou venda de energia no mercado de futuros, deixando toda a capacidade disponível para ser negociada no mercado *pool*. Esse comportamento está de acordo com o esperado, uma vez que o preço *spot* médio

observado nos cenários utilizados é de \$ 38.45, enquanto o melhor preço disponível no mercado de futuros é de \$ 37.00. Pode-se observar na Figura 2 que a curva de energia reservada para ser negociada no mercado *pool* segue a curva de preços *spot*, maximizando o lucro obtido a partir da quantidade limitada de água disponível nos reservatórios.

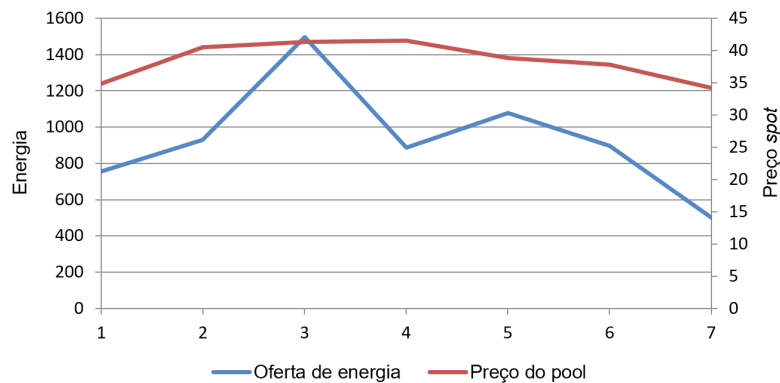


FIGURA 2: Energia reservada para o mercado *pool*.

O gerenciamento da água pode ser observado na Figura 3, que mostra a variação do volume ao longo do horizonte de planejamento considerado no problema. O volume turbinável é aquele que pode ser utilizado para a geração de energia, dado pela subtração do volume mínimo no volume total do reservatório. Nota-se que existe uma grande armazenagem de água durante o primeiro período, visando aumentar a capacidade produtiva durante os períodos 3 e 4. Esse comportamento é consistente com o preço do mercado *spot*, que atinge seu pico durante esses períodos, com valores médios de \$ 41.36 e \$ 41.58, respectivamente. Finalmente, pode-se observar que o último período é utilizado para armazenar água no reservatório, de modo a atingir a meta de volume final estabelecida e considerando que esse período apresenta o menor preço *spot* médio para todo o horizonte de planejamento.

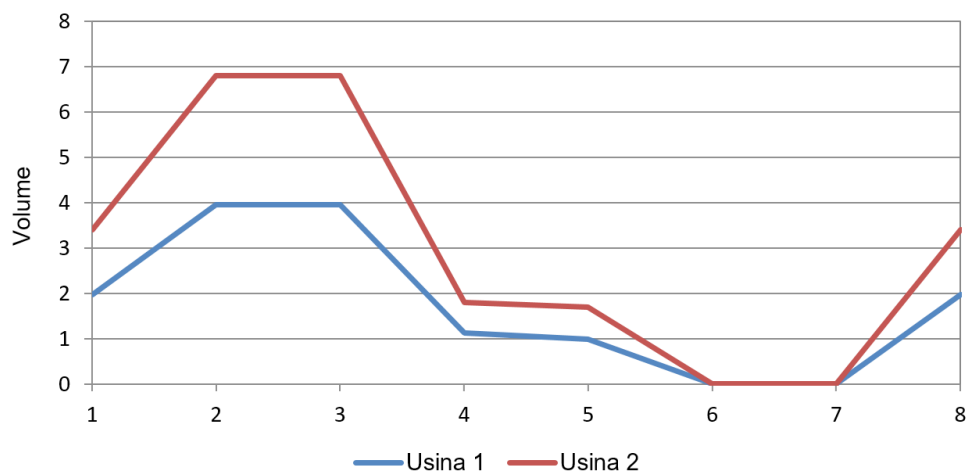


FIGURA 3: Variação do volume armazenado.

O armazenamento de água pode ser observado na Figura 4, onde os períodos em

que a turbinagem da usina 1 apresenta valores maiores coincidem com aqueles onde a vazão afluente é menor, sendo o contrário também verdadeiro. Esse comportamento está de acordo com o esperado, uma vez que a curva de turbinagem deve seguir o comportamento da curva de preços, que são maiores em períodos secos. Esse comportamento reforça o importante papel desempenhado pelos reservatórios na elaboração da estratégia de atuação das companhias geradoras, permitindo deslocar a água da época chuvosa para os períodos de seca.

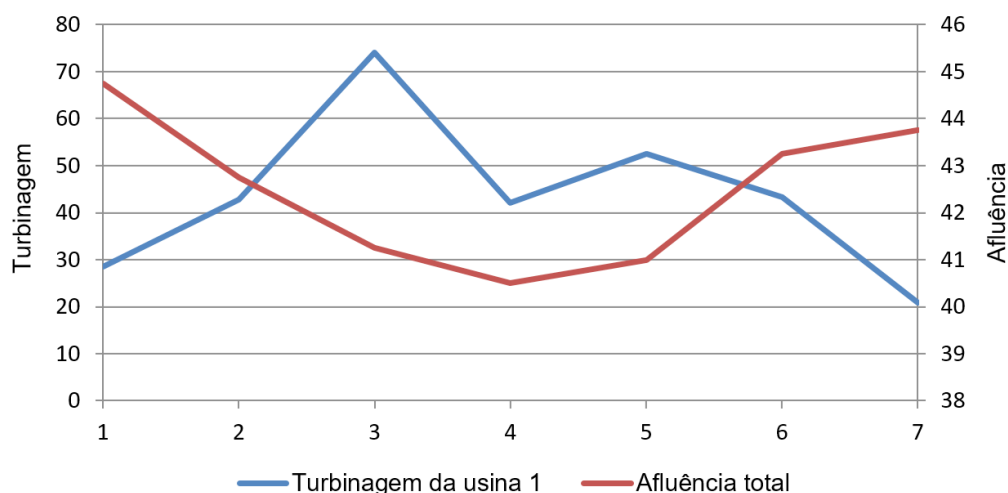


FIGURA 4: Turbinagem versus Vazão Afluente da Usina 1.

## 4.2 Aversão ao Risco

O gerador enfrenta duas fontes de incerteza durante a definição da sua estratégia de portfólio, que consistem no preço do mercado *pool* e na vazão afluente em suas usinas. Para se resguardar da possibilidade de cenários com baixos lucros, pode-se utilizar uma metodologia de mensuração de risco, como o Valor de Risco Condicional (CVaR). Para avaliar o impacto da utilização do CVaR na elaboração da estratégia de portfólio, os valores de beta foram modificados em incrementos de 0,1 unidade, para levantamento da fronteira eficiente do problema com os dados de entrada considerados. Os pontos obtidos podem ser vistos na Figura 5.

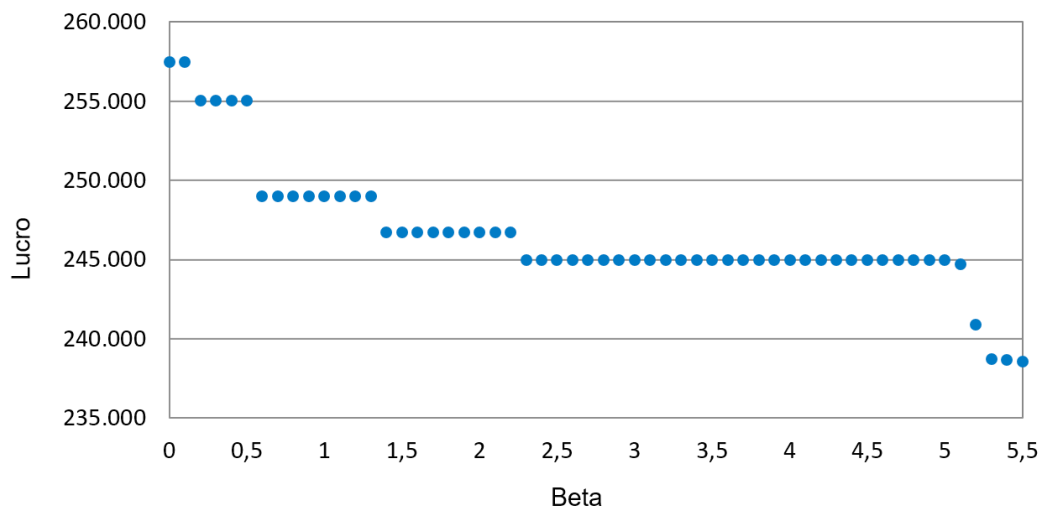


FIGURA 5: Fronteira eficiente para os dados considerados.

A Figura 6 apresenta a energia destinada ao mercado *pool* e ao mercado de futuros para dez valores diferentes de beta, aqueles onde ocorreram variações na fronteira eficiente.

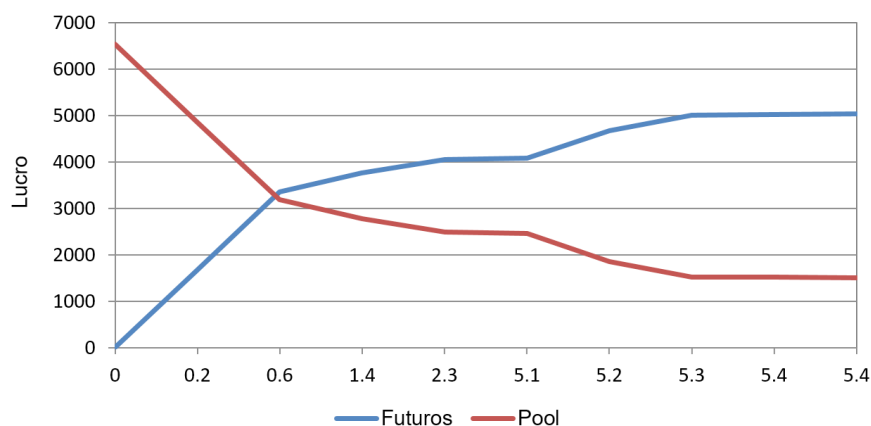


FIGURA 6: Energia destinada aos mercados de futuros e pool de acordo com o valor escolhido para o parâmetro beta.

Percebe-se a tendência de transferir energia do mercado *pool* para o mercado de futuros conforme o aumento de beta, uma vez que o mercado de futuros não apresenta incertezas no preço de venda da energia, eliminando assim uma das fontes de risco associadas ao problema.

No que se refere a incerteza associada às vazões afluentes, o mecanismo que o gerador pode utilizar para se resguardar é assumir um gerenciamento conservador do seu reservatório, armazenando maiores quantidades de água do que seria feito no caso de referência. Esse comportamento pode ser percebido mais claramente na usina 2, devido a sua maior capacidade de armazenamento, conforme mostrado na Figura 7, onde os valores de volume armazenado estão representados em porcentagem.

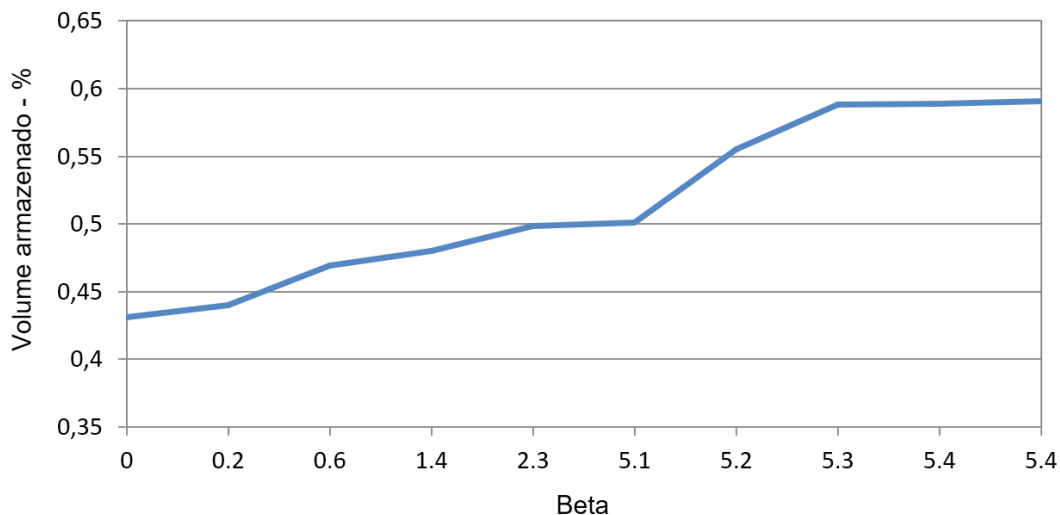


FIGURA 7: Volume armazenado (%) em relação ao fator beta.

## 5 | SEGUNDO TESTE

Para verificar seu funcionamento em sistemas realistas, o modelo proposto foi testado utilizando 13 das 15 usinas da Bacia do Grande, desconsiderando L. C. Barreto e Porto Colômbia (ONS, 2017). Foi analisado o planejamento para o intervalo de um ano dividido em 365 períodos de 1 dia, utilizando-se 100 cenários de vazão e preço para a modelagem das incertezas associadas. Para o mercado de futuros, utilizou-se uma curva de preços com quatro blocos de 500 MW de potência e valores de venda de 42.00, 40.00, 38.00 e 36.00 \$/MWh, respectivamente.

A solução obtida pelo modelo para o caso de risco neutro previu a venda de toda a energia disponível no mercado *pool*, conforme a Figura 8. Isso está de acordo com o esperado, uma vez que o preço *spot* médio dos cenários utilizados foi de \$ 43.99, maior que a melhor opção disponível no mercado de futuros. Para facilitar a análise foram traçadas as linhas de tendência do preço *spot* e da energia alocada no mercado *pool*, utilizando-se polinômios de grau 4.

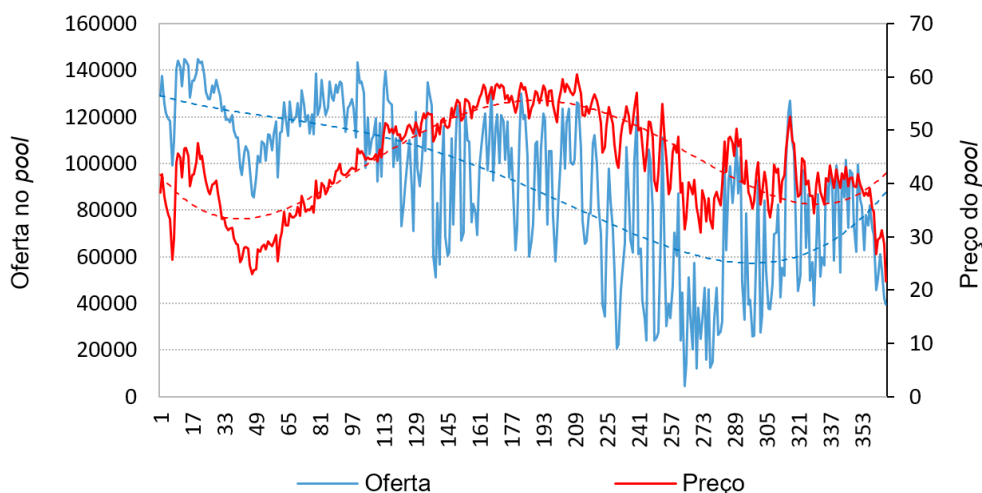


FIGURA 8: Energia ofertada no pool em relação ao preço spot.



Percebe-se o comportamento sazonal do preço *spot* (em vermelho), sendo maior no período da seca (porção central do gráfico) e menor no período chuvoso. A curva de oferta de energia (em azul) apresenta uma tendência semelhante ao preço *spot*, exceto pelo primeiro trimestre, onde é alocada uma quantidade maior de energia. Isso é explicado pela capacidade limitada de armazenamento de água.

O gerenciamento dos reservatórios pode ser analisado na Figura 9, que mostra a usina 13 como exemplo. Percebe-se um primeiro período, entre os dias 1 e 37, onde temos valores elevados para a afluência (em amarelo) e o preço *spot* (em vermelho), de forma que o volume do reservatório (em azul) mantém-se nos níveis iniciais.

Durante os dias 37 e 85 observa-se um alto volume afluente com baixo preço *spot*, gerando um aumento no volume armazenado. Entre os dias 85 e 169 tem-se um período de volume estável no reservatório, enquanto a afluência começa a diminuir e o preço *spot* a subir. Entre os dias 169 e 253 ocorre um período de seca, levando o agente gerador a consumir o volume armazenado anteriormente para aproveitar o período de preço *spot* alto.

Durante os dias 253 e 349 tem-se a continuidade do volume nos níveis mínimos, com exceção de uma pequena variação armazenagem durante os 265 e 289 para aproveitar o pico de preço entre os dias 289 e 301. Finalmente, a partir do dia 349 o volume começa a subir até atingir o nível final especificado, aproveitando a melhora da afluência a partir do dia 325.

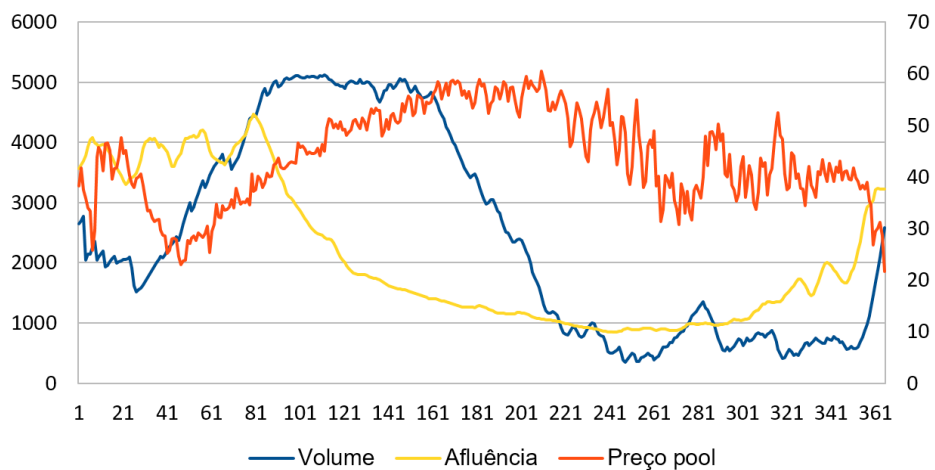


FIGURA 9: Volume do reservatório da usina 13 em relação ao preço e a afluência.

A fronteira eficiente do problema é apresentada na Figura 10 para o parâmetro beta variando no intervalo entre 0 e 20. Pode-se verificar a diminuição do lucro esperado com o aumento de beta, conforme é esperado para estratégias mais conservadoras.

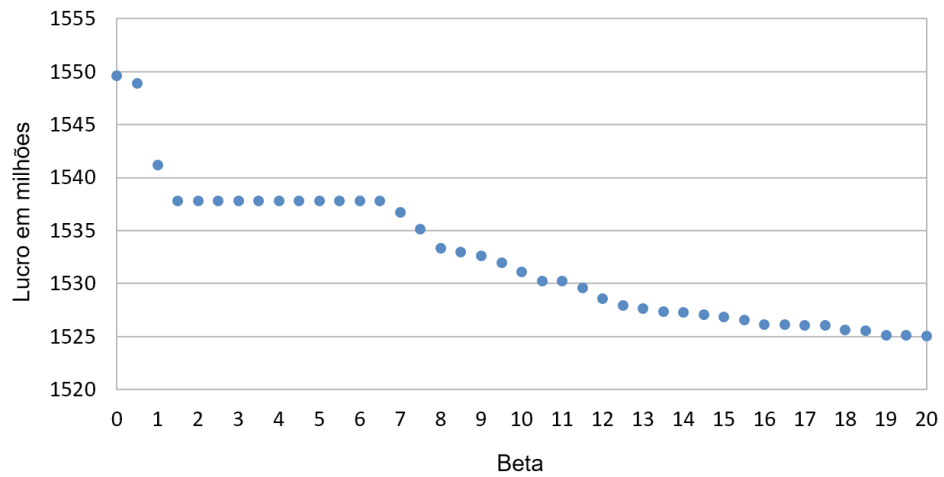


FIGURA 10: Fronteira eficiente do problema.

## 6 | CONCLUSÕES

Foi proposto um modelo de otimização estocástico para o problema de portfólio de um agente gerador envolvido com o mercado de futuros e o mercado *pool*, considerando as incertezas associadas ao preço *spot* e a vazão afluyente através do uso do valor de risco condicional (CVaR) como medida de risco. Foram realizados dois testes com o modelo proposto, o primeiro considerando 2 usinas no período de uma semana, enquanto no segundo teste foram utilizadas 13 usinas durante o horizonte de um ano. Foram analisadas as curvas de venda de energia no mercado *pool* e de o gerenciamento dos reservatórios, além de levantada a fronteira eficiente do problema, demonstrando a influência dos aspectos hidráulicos do problema.

## REFERÊNCIAS

ARROYO, J.; CONEJO, A. Multiperiod auction for a pool-based electricity market. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 17, n. 4, p. 1225-1231, nov. 2002.

ARTZNER, P. et al. Coherent Measures of Risk. **Mathematical Finance**, v. 9, n. 3, p. 203-228, jul. 1999.

CICOGNA, M. A.; FILHO, S. S. Dissertação de Mestrado, **Modelo de planejamento da operação energética de sistemas hidrotérmicos a usinas individualizadas orientado por objetos**. UNICAMP. 1999.

CONEJO, A. J.; CARRIÓN, M.; MORALES, J. M. **Decision Making Under Uncertainty in Electricity Markets**. Boston, MA: Springer US, 2010.

CONEJO, A. J. et al. Optimal Involvement in Futures Markets of a Power Producer. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 2, p. 703-711, maio 2008.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/>>.

SHRESTHA, G. B. et al. Medium term power planning with bilateral contracts. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 20, n. 2, p. 627-633, maio 2005.

STEEGER, G.; BARROSO, L.; REBENNACK, S. Optimal Bidding Strategies for Hydro-Electric Producers: A Literature Survey. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 29, n. 4, p. 1758-1766, jul. 2014.

KIRSCHEN, Daniel S.; STRBAC, Goran. **Fundamentals of Power System Economics**: Wiley, 2004.

WOLFGANG, O. et al. Hydro reservoir handling in Norway before and after deregulation. **Energy**, v. 34, n. 10, p. 1642-1651, out. 2009.

## 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**

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, UFJF  
Juiz de Fora, MG

**Henrique Steinherz Hippert**

Depto. de Estatística, UFJF  
Juiz de Fora, MG

**RESUMO:** A previsão de cargas a curto prazo é fundamental para o funcionamento eficiente de uma concessionária de energia. Uma das variáveis que afetam o consumo de energia é a temperatura. É possível, portanto, que os erros na previsão de temperatura influenciem na previsão de carga. Este trabalho oferece subsídios para a discussão desse problema, avaliando empiricamente o efeito do erro de previsão de temperatura sobre o erro na previsão de carga. Utilizamos uma série de cargas horárias e uma de temperaturas horárias de uma concessionária de energia do Rio de Janeiro. Partindo de um modelo de previsão de carga aditivo, previmos um componente “carga básica” por meio de um método de amortecimento exponencial para dupla sazonalidade, e um componente “meteorológico” por meio de seis modelos de regressão diferentes. Também adicionamos ruídos aleatórios às temperaturas observadas e usamos essas novas temperaturas como

previsões no melhor modelo de regressão. Analisando os resultados concluímos que, para modelos lineares, a incerteza na previsão de temperatura afeta pouco a incerteza na previsão de carga.

**PALAVRAS-CHAVES:** previsão de carga a curto prazo; previsão de temperatura, método de amortecimento exponencial com dupla sazonalidade

**ABSTRACT:** Short-term load forecasting is critical for the efficient operation of energy utilities. One of the variables that affect energy consumption is the temperature. It is possible, therefore, that the uncertainty in the temperature forecasting should affect the load forecasting error. This paper offers subsidies for the discussion of this problem, by empirically evaluating the effect of the temperature forecasting error on the load forecasting error. We use a series of hourly loads and a series of hourly temperatures, from a Rio de Janeiro power utility. Starting from a additive load forecasting model, we forecasted a ‘base’ load component by an exponential smoothing method with double seasonality, and a ‘weather’ component by six different regression models. We also add random noise to the observed temperatures, and use these new noisy temperatures as inputs to the best regression model. Analyzing the results we conclude that,

for linear models, the uncertainty in the temperature forecasts has little effect on the load forecasting error.

**KEYWORDS:** Short-term load forecasting, temperature forecasting, double seasonal exponential smoothing

## 1 | INTRODUÇÃO

A previsão de cargas a curto prazo é fundamental para o funcionamento eficiente de uma concessionária de energia, e tem sido foco de estudo de diversos autores. A partir dessa previsão, é possível controlar o sistema, de forma a não haver produção de energia em excesso ou abaixo da esperada, o que geraria custos desnecessários para as empresas de energia (DOUGLAS, 1998; HIPPERT, 2001). Alguns estudos na área discutem o impacto econômico do erro de previsão de carga em um sistema de energia (ORTEGA-VASQUEZ, 2006; TEISBERG, 2005; VALENZUELA, 2000), principalmente no que se refere ao preço da energia (ZAREIPOUR, 2010).

Diversas variáveis, sobretudo as meteorológicas, afetam o consumo de energia. Entre elas, podemos destacar a temperatura. Dessa forma, podemos crer que a incerteza na previsão de temperatura tem efeito sobre a incerteza na previsão de carga (CHANGNON, 1995; RANAWEERA, 1996; DOUGLAS, 1998; HOR, 2005; LANZA, 2002; SATISH, 2004). Charlton (2014) alega que experimentos com diferentes previsões de temperatura mostram que a previsão de carga é muito sensível à previsão de temperatura utilizada.

Na prática, as concessionárias de energia podem comprar previsões de temperatura de estações meteorológicas. Contudo, estas previsões podem não ser disponíveis (LANZA, 2002) ou não ser de boa qualidade. A maioria dos autores testam os modelos de previsão de perfis de carga que propõem usando temperaturas observadas; isto faz com que os erros obtidos por estes modelos não sejam uma estimativa realística do que seria alcançado na prática, já que a incerteza da previsão da temperatura está sendo ignorada.

Devido à complexidade dos modelos de previsão usados pelos institutos de meteorologia, alguns artigos vêm propondo métodos mais simples de previsão de temperatura baseados em modelos estatísticos ou modelos de inteligência computacional, principalmente redes neurais, que consideram as temperaturas passadas (RANAWEERA, 1996; DOUGLAS, 1998; HIPPERT, 2004; LANZA, 2002; TAYLOR, 2003; LLOYD, 2014; TAIEB, 2014). A escolha entre fazer as previsões de temperatura, ou comprá-las de empresas de serviços meteorológicos, pode depender em parte do efeito que o erro de previsão de temperatura possa ter no erro da previsão de carga (CHANGNON, 1995; DOUGLAS, 1998; HOR, 2005; LANZA, 2002; SATISH, 2004). Nenhum destes artigos, porém, procuram mensurar este efeito, e avaliar qual a sensibilidade dos modelos de previsão de carga à incerteza na previsão de temperatura. Não procuram responder, portanto, à pergunta básica: vale realmente

a pena investir recursos buscando melhorar a previsão de temperatura, de forma a diminuir o erro de previsão de carga? TAYLOR (2006) argumenta que as previsões de temperatura são desnecessárias, já que os modelos univariados conseguem previsões de carga suficientemente acuradas; não dá porém resultados numéricos que apoiem esta conclusão.

O objetivo principal deste artigo é oferecer subsídios para a discussão do problema. Iremos avaliar, empiricamente, o efeito do erro de previsão de temperatura sobre o erro de previsão de carga, comparando vários modelos de previsão, e usando várias séries de temperatura com erros adicionados por simulação.

## 2 | AS SÉRIES DE CARGA E TEMPERATURA

Para a realização deste trabalho, usamos uma base de dados muito utilizada em competições de previsão de cargas, composta por uma série de cargas horárias e uma série de temperaturas horárias de uma concessionária de energia da cidade do Rio de Janeiro. Ambas as séries possuem 17472 observações, referentes ao período de 01/01/1996 a 28/12/1997, totalizando 104 semanas de dados.

Na etapa de pré-tratamento da série de cargas não foram identificados valores discrepantes nem faltantes, e os dados de feriados foram substituídos pela média das cargas do dia equivalente nas semanas anterior e posterior. Já no pré-tratamento da série de temperaturas, constatamos que os dados dos primeiros 91 dias são nulos, e optamos por desprezar estas observações nos ajustes dos modelos.

Para o ajuste dos modelos de previsão usamos os dados das primeiras 54 semanas; os dados das semanas 55 a 84 foram usados para escolha dos melhores modelos e os dados das últimas 20 semanas foram usados para teste dos modelos de previsão.

A Figura 1 mostra o consumo de energia das cinco primeiras semanas de dados (01/01/1985 a 05/02/1985).

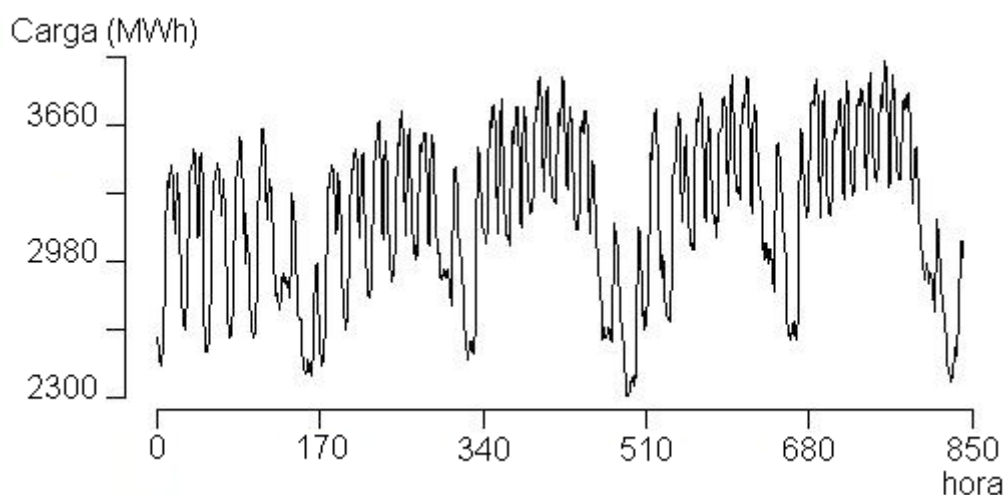


FIGURA 1 – Cargas medidas nas primeiras cinco semanas.

### 3 | MÉTODOS DE PREVISÃO

Para avaliar o efeito do erro da previsão de temperatura sobre o erro na previsão de carga, escolhemos utilizar um modelo aditivo de previsão de carga, da forma:

$$L_t = B_t + W_t + e_t \quad (1)$$

em que  $L_t$  é a carga no instante  $t$ ,  $B_t$  é um componente de carga básico dado por uma função linear de cargas passadas,  $W_t$  é uma função da temperatura e  $e_t$  é o erro aleatório.

O termo  $B_t$  é previsto pelo método de amortecimento exponencial para dupla sazonalidade aditiva proposto por TAYLOR (2010). Esse método é uma reformulação do amortecimento exponencial de Holt-Winters (CHATFIELD, 2003; MORETTIN, 2006), incluindo os três componentes de sazonalidade – diário, semanal e anual – necessários para modelar o padrão complexo da série de cargas. A previsão de  $B_t$  pelo método de Holt-Winters-Taylor (HWT) é dada, então, por:

$$\hat{B}_t = m_t + d_{t-s_1-k} + w_{t-s_2-k} + \phi^k (L_t - (m_{t-1} + d_{t-s_1} + w_{t-s_2}))$$

em que  $m_t$  é o nível amortecido da série,  $d_t$  e  $w_t$  são os fatores sazonais diários e semanais e o termo envolvendo o parâmetro  $\phi$  é um fator de correção para a autocorrelação de primeira ordem da série de erros. A sazonalidade anual da série foi desconsiderada devido à não disponibilidade de dados suficientes. Maiores informações sobre o HWT podem ser encontradas em TAYLOR (2010).

Testamos seis modelos diferentes de regressão linear para a previsão de  $W_t$ , todos tendo como variável independente a temperatura. Em cada modelo, experimentamos tanto com as temperaturas observadas quanto com as temperaturas previstas pelo método de Holt-Winters e por modelos SARIMA (CHATFIELD, 2003; MORETTIN, 2006), considerando 24 modelos de previsão diferentes, um para cada hora do dia.

À previsão de  $W_t$ , somamos a previsão de  $B_t$  pelo método de HWT para obter a previsão final do perfil de carga. Por fim, avaliamos a acurácia das previsões e o comportamento dos resíduos dos modelos, verificando o efeito da previsão de temperatura na previsão de carga.

#### 3.1 Modelo de regressão 1 (REG1):

$$W_t = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \alpha_2 (T_t - T_{t-24}) + \alpha_3 (T_t - T_{t-168}) \quad (2)$$

Onde  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$  são os coeficientes do modelo e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Começamos os testes com esse modelo de regressão linear múltipla com pouca complexidade proposto por NETO (2014). Pressupomos que a temperatura atual e os desvios da temperatura atual em relação às temperaturas do dia e da semana anterior afetam o comportamento de  $W_t$ , e ajustamos um único modelo, seqüencial, para todas as horas do dia.

### 3.2 Modelo de regressão 2 (REG2):

$$W_t = a_0 + a_1 d_t + a_2 T_t + a_3 T_t^2 \quad (3)$$

onde  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$  são os coeficientes do modelo,  $d_t$  indica o dia no banco de dados e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Neste caso,  $d$  é um vetor que varia de 1 a 728, e foram ajustados 24 modelos desse tipo, um para cada hora do dia. Esse modelo é uma adaptação do modelo de CHARLTON (2014) para previsão de carga. O modelo original proposto pelo autor considera que a carga no instante  $t$  ( $L_t$ ) é função do dia, da temperatura atual e da temperatura atual elevada ao quadrado, e um modelo de regressão diferente, da mesma forma, é ajustado para cada hora do dia. A mudança na variável dependente do modelo, de  $L_t$  para  $W_t$ , além da melhoria no resultado, se deve ao fato de que faz mais sentido o componente meteorológico ser função da temperatura do que o componente de carga.

### 3.3 Modelo de regressão 3 (REG3)

$$W_t = a_0 + a_1 T_t + a_2 T_t^2 + a_3 T_t^3 \quad (4)$$

onde  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  são os coeficientes do modelo e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Adaptamos o modelo de Hagan (1987) para prever o componente meteorológico ao invés de prever o perfil de carga. A escolha desse modelo se deve à sua parcimônia.

### 3.4 Modelo de regressão 4 (REG4)

$$W_t = a_0 + a_1 d_t + a_2 T_t + a_3 T_t^2 \quad (5)$$

em que  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$  são os coeficientes do modelo,  $d_t$  é o dia no banco de dados e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Neste caso,  $d$  é uma senóide de período 24, indicando a sazonalidade da série de temperaturas. Este modelo é outra adaptação do modelo de CHARLTON (2014), aplicado sequencialmente na série de temperaturas, com os termos de interação entre o dia e a temperatura retirados.

### 3.5 Modelo de regressão 5 (REG5)

$$W_t = a_0 + a_1 d_t + a_2 T_t + a_3 T_t d_t + a_4 T_t^2 + a_5 T_t^2 d_t \quad (6)$$

em que  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  e  $\alpha_5$  são os coeficientes do modelo,  $d_t$  é uma senóide de período 24 e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Esse modelo também é uma adaptação do modelo de CHARLTON (2014), aplicado à série de forma sequencial, e mantendo os termos de interação entre  $d$  e  $T$ .

### 3.6 Modelo de regressão 6 (REG6)

$$W_t = a_0 + a_1 T_t + a_2 (T_t - T_{t-24})^2 + a_3 (T_t - T_{t-168})^3 \quad (7)$$



em que  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  são os coeficientes do modelo e  $T_t$  é a temperatura no instante  $t$ . Adaptado de HAGAN (1987), este modelo considera o componente meteorológico como função dos desvios da temperatura atual em relação à temperatura do dia anterior e a temperatura da semana anterior.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a acurácia das previsões, considerando os métodos lineares, usamos como medida de erro o erro absoluto percentual médio (MAPE). Para os modelos de previsão aplicados à série de temperaturas encontramos MAPEs iguais a 7,14% para o *naïve*; 2,23% para o Holt-Winters e 1,97% para o SARIMA. O resultado do método *naïve* aparece apenas para fins de comparação.

O HWT aplicado à série de cargas obteve aproximadamente 2,52% de MAPE. Pela Tabela 1, observamos que a adição da previsão do componente meteorológico à previsão do componente de carga resultou em diminuição no percentual de erro da previsão de carga. A previsão de carga final teve seu percentual de erro reduzido de 2,52% para 2,33%, por exemplo, com a adição do componente meteorológico.

Método	Temperatura		
	Observada	prevista por Holt-Winters	prevista por SARIMA
HWT	2,52	-	-
HWT + REG1	2,33	2,31	2,34
HWT + REG2	2,45	2,45	2,45
HWT + REG3	2,45	2,44	2,45
HWT + REG4	2,45	2,44	2,45
HWT + REG5	2,42	2,41	2,43
HWT + REG6	2,45	2,41	2,42

TABELA 1 – MAPEs dos modelos de previsão de carga, na amostra de teste.

Para averiguar se essa mudança nos resultados é considerável, seguimos com a análise dos resíduos. Escolhemos analisar os resíduos dos modelos envolvendo as temperaturas previstas por Holt-Winters, em consequência de seus menores percentuais de erro considerando os modelos envolvendo previsões de temperatura. O ideal, de acordo com referencial teórico (CHATFIELD, 2003; MORETTIN, 2006), é que os resíduos dos modelos sejam normalmente distribuídos, com média zero e variância constante, e descorrelacionados.

Primeiramente, construímos histogramas e funções de autocorrelação (FAC) dos resíduos. Verificamos que todas as séries de erros têm comportamento semelhante, tendo distribuição quase simétrica e sendo auto-correlacionados. A Figura 2 mostra o histograma e a FAC dos resíduos do modelo HWT, para ilustração.

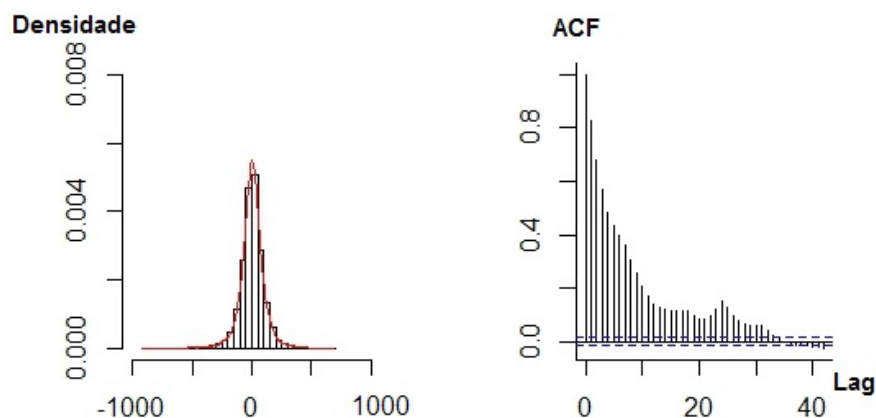


FIGURA 2 – Histograma e FAC dos resíduos do modelo HWT.

Os coeficientes de assimetria da Tabela 2 indicam que as distribuições dos resíduos possuem assimetria negativa, com a cauda da distribuição do lado esquerdo maior que a do lado direito. Segundo esses resultados, a distribuição menos assimétrica é a dos resíduos do HWT. Os testes de normalidade de Lilliefors rejeitaram a hipótese nula de normalidade dos resíduos, com  $p < 0,001$ .

Realizamos dois testes para autocorrelação dos resíduos. A estatística de Durbin-Watson (DW) testa a independência dos resíduos, com base na suposição de que eles são gerados por um processo auto-regressivo de primeira ordem. Assumindo valores entre zero e quatro, quanto mais próxima de 2 ela for menor é a autocorrelação dos resíduos. Pelos resultados da Tabela 2, concluímos que as séries de erros são fortemente auto-correlacionadas, com estatísticas DW bem próximas de zero. Por sua vez, o teste de Ljung-Box testa a independência dos resíduos considerando qualquer grau de defasagem entre eles. Todos os testes de Ljung-Box foram significativos, com  $p < 0,001$ .

Métodos de previsão	Assimetria	Durbin-Watson ( $\times 10^{-6}$ )
HWT	-0,46	5,89
HWT+REG1	-0,87	5,53
HWT+REG2	-1,07	5,96
HWT+REG3	-0,86	5,52
HWT+REG4	-0,85	5,52
HWT+REG5	-0,85	5,54
HWT+REG6	-0,79	5,50

TABELA 2 – Coeficientes de assimetria e estatísticas de Durbin-Watson para os resíduos dos métodos.

Além dessas análises dos resíduos, adicionamos ruídos aleatórios à temperatura observada, para verificar qual a influência do erro da previsão de temperatura no erro da previsão de carga. Usamos como base o modelo HWT + REG1 e adicionamos 1%, 2%, 3%, 4% e 5% de erro na temperatura observada. Para cada um desses percentuais, ajustamos o modelo 100 vezes, e obtivemos os MAPEs de cada um

desses ajustes, representados pelos *boxplots* da Figura 3.

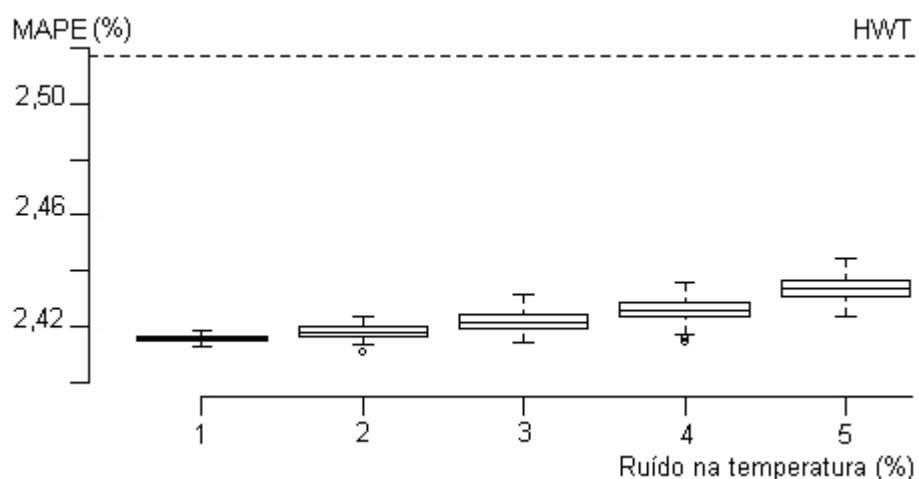


FIGURA 3 – Efeito dos ruídos adicionados à temperatura, modelo HWT+REG1.

A Figura 3 nos permite crer que o aumento no percentual de erro da previsão de temperatura tem pouca influência sobre o percentual de erro da previsão de carga, embora leve ao aumento da dispersão e da mediana dos resíduos. Talvez isso ocorra pelo fato dos modelos serem lineares, e, uma vez que a relação entre carga e temperatura é não-linear, eles não representem adequadamente a situação. Todos os outros resultados encontrados nos levam à mesma conclusão já explicitada. Na continuação deste estudo, experimentaremos modelos não-lineares, como redes neurais, para as previsões e esperamos que nestes modelos a incerteza na previsão de temperatura tenha um efeito maior no erro de previsão de carga. TAYLOR (2007) alega que modelos univariados de previsão de carga são suficientes uma vez que a influência da temperatura sobre a carga já está embutida na série de consumo de energia; só seria necessário considerar dados de temperatura no modelo de previsão de cargas se a temperatura em um certo dia for muito diferente daquela que era esperada para aquele dia – neste caso, a carga também será diferente da que seria esperada, dado o passado da série.

Uma vez que concluímos que, baseando-se em modelos lineares, o erro da previsão de temperatura tem pouco efeito sobre o erro da previsão de carga, experimentaremos modelos não lineares para as previsões na continuação deste estudo, tais como redes neurais, e esperamos que os resultados sejam bem diferentes, confirmando nossa suposição de que a incerteza na previsão de temperatura afeta significativamente a incerteza na previsão de carga.

## 5 | CONCLUSÃO

A previsão de cargas a curto prazo é uma etapa muito importante no funcionamento de uma concessionária de energia, principalmente no que abrange os aspectos econômicos. Uma das variáveis que mais afeta o consumo de energia é a

temperatura e, por isso, resolvemos estudar qual o efeito que a incerteza na previsão de temperatura tem sobre a incerteza na previsão de carga.

Testamos seis modelos de regressão diferentes para prever o componente meteorológico de um modelo multivariado de previsão de carga. Avaliamos a acurácia desses modelos e fizemos uma análise dos resíduos, que nos levou à conclusão de que a adição da previsão do componente meteorológico à previsão do componente de carga básico previsto por HWT não resultou em melhoria na previsão de carga.

Além disso, adicionamos ruídos aleatórios às temperaturas observadas e usamos essas novas temperaturas como previsões no melhor modelo de regressão. Analisando os resultados, podemos ver que o aumento no erro da previsão de temperatura não teve muita influência sobre o erro da previsão de carga. Isso pode ser devido ao fato de que os modelos utilizados são lineares.

Como continuação deste trabalho, experimentaremos fazer as previsões usando modelos não-lineares, que provavelmente representam melhor a relação entre carga e temperatura.

## REFERÊNCIAS

CHANGNON, S. A.; CHANGNON, J. M.; CHANGNON, D. Uses and applications of climate forecasts for power utilities. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 76, n. 5, p. 711-720, 1995.

CHARLTON, N.; SINGLETON, C. A refined parametric model for short term load forecasting. **Int Journal of Forecasting**, v. 30, p. 364-368, 2014.

CHATFIELD, C. **The analysis of time series**, 6<sup>a</sup> ed, Chapman-Hall/CRC, 2003.

DOUGLAS, A. P.; BREIPOHL, A. M.; LEE, F. N.; ADAPA, R. The impacts of temperature forecast uncertainty on Bayesian load forecasting. **IEEE Trans Power Systems**, v. 13, n. 4, p. 1507-1513, 1998.

HAGAN, M. T.; BEHR, S. M. The time series approach to short-term load forecasting. **IEEE Power Engineering Review**, v. 87, p. 785-791, 1987.

HIPPERT, H. S.; PEDREIRA, C. E.; SOUZA, R. C. Neural networks for short-term load forecasting: a review and evaluation. **IEEE Trans Power Syst**, 16 (1), 44-55, 2001.

HIPPERT, H. S.; PEDREIRA, C. E. Estimating temperature profiles for short-term load forecasting: neural networks compared to linear models. **IEE Proc – Generation, Transmission and Distribution**, 151 (4), 543-547, 2004.

HOR, C. L.; Analyzing the impact of weather variables on monthly electricity demand. **IEEE Trans on Power Systems**, v. 20, n. 4, p. 2078-2085, 2005.

LANZA, P. A. G.; COSME, J. M. Z. A short term temperature forecaster based on a state space neural network. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 15, p. 459–464, 2002.

LLOYD, J. R. GEFCom2012 hierarchical load forecasting: Gradient boosting machines and Gaussian processes. **Int Journal of Forecasting**, v. 30, p. 369-374, 2014.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**, 2<sup>a</sup> ed., Edgar Blucher, 2006.

NETO, G. G. **Métodos univariados e multivariados para previsão da demanda de energia elétrica em curto prazo: um estudo comparativo**. 55 f. Dissertação de Mestrado, PGMG - UFJF, Juiz de Fora, 2014.

ORTEGA-VASQUEZ, M.A.; KIRSCHEN, D.S. Economic impact assessment of load forecast errors considering the cost of interruptions. **Power Engineering Society General Meeting 2006**. IEEE, 2006

RANAWEERA, D. K.; KARADY, G. G.; FARMER, R. G. Effect of probabilistic inputs on neural network-based electric load forecasting. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v. 1, n. 6, p. 1528-1532, 1996.

SATISH, B.; SWARUP, K. S.; SRINIVAS, S.; RAO, A. H. Effect of temperature on short term load forecasting using an integrated ANN. **Electric Power Syst Research**, v.72, p. 95–101, 2004.

TAIEB, S. B.; HYNDMAN, R. J. A gradient boosting approach to the Kaggle load forecasting competition. **Int Journal of Forecasting**, v. 30, p. 382-394, 2014.

TAYLOR, J. W. Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting. **European J of Operational Research**, v. 204, p. 139-152, 2010.

TAYLOR, J. W.; BUIZZA, R. Using weather ensemble predictions in electricity demand forecasting. **Int Journal of Forecasting**, v. 19, p. 57-70, 2003.

TAYLOR, J. W., MCSHARRY, P.E. Short-term load forecasting methods: an evaluation based on european data. **IEEE Trans Power Syst**, v. 22, 2213-2219, 2007.

TAYLOR, J. W.; MENEZES, L.M.; MCSHARRY, P.E. A comparison of univariate methods for forecasting electricity demand up to a day ahead. **Int Journal of Forecasting**, vol. 22, 2006.

TEISBERG, T. J.; WEIHER, R. F.; KHOTANZAD, A. The economic value of temperature forecasts in electricity generation. **American Meteorological Soc**, p.1765-1771, 2005.

VALENZUELA, J.; MAZUMDAR, M.; KAPOOR, A. Influence of temperature and load forecast uncertainty on estimates of power generation production costs. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 15, n. 2, p. 668-674, 2000.

ZAREIPOUR, H.; CAÑIZARES, C. A.; BHATTACHARYA, K. Economic impact of electricity market price forecasting errors: A demand-side analysis. **IEEE Trans Power Systems**, v. 25, n. 1, p. 254-262, 2010.

## 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:

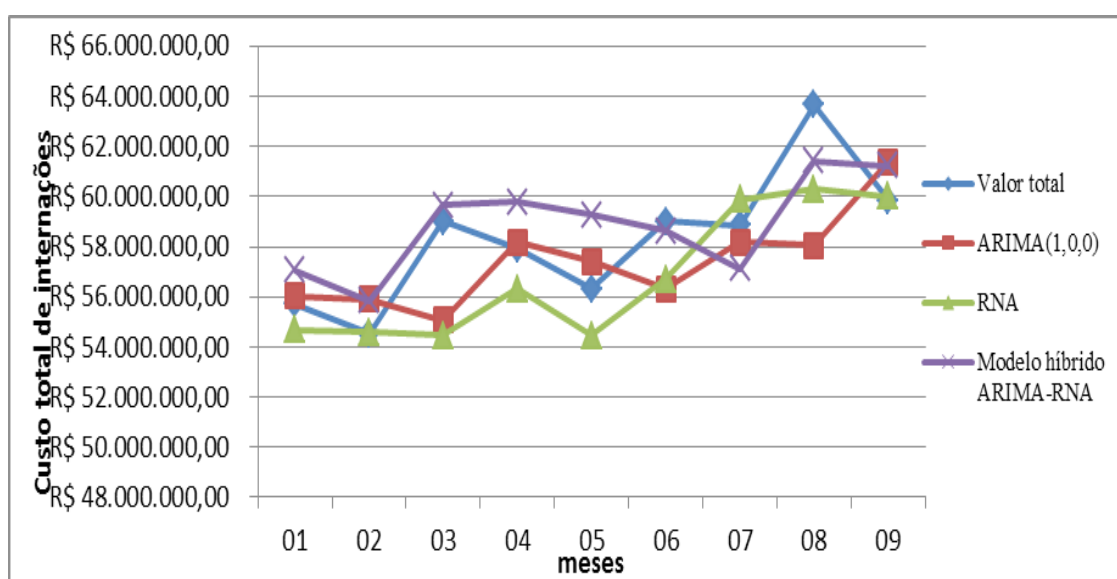


Figura 3 – Análise do comportamento dos dados

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://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colec\\_progestores\\_livro1.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colec_progestores_livro1.pdf) Acessado em 15/03/2016.

Dados do SUS disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.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.

## APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS: MELHORIA DO ATENDIMENTO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO MARIA APARECIDA PEDROSSIAN

### **Fernando Rocha Passos Júnior**

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia  
Campo Grande – MS

### **Lilian Milena Ramos Carvalho**

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Matemática  
Campo Grande – MS

**RESUMO:** Este trabalho busca utilizar conceitos da pesquisa operacional com intuito de obter soluções viáveis para a melhoria do serviço de atendimento de pacientes do Hospital Universitária Maria Aparecida Pedrossian da cidade de Campo Grande, Mato Grosso Do Sul. O modelo matemático escolhido para a execução deste estudo, será o método de teoria das filas, o qual visa estudar formação de filas através de análises matemáticas mensuráveis buscando otimizar o desempenho de um sistema e reduzir seus custos operacionais. Para que este estudo consiga ser executado, a metodologia será baseada em pesquisas de campo, cujo principal intuito é obter variáveis necessárias para que haja a criação de fórmulas matemáticas condizentes com o método e softwares específicos para sua resolução.

**PALAVRAS-CHAVE:** pesquisa operacional, teoria das filas, hospital universitário

**ABSTRACT:** This academic work seeks to use concepts of operations research in order to obtain viable solutions to improve patient care service of university Hospital Maria Aparecida Pedrossian the city of Campo Grande, Mato grosso do Sul. The mathematical model chosen for the implementation of this study will be the queues theory method, which aims to study queuing through measurable mathematical analysis seeking to optimize the performance of a system and reduce its operating costs. For this study can be performed, the methodology will be based on field research, whose main purpose is to get variables necessary for there to create mathematical formulas consistent with the method and specific software for its resolution.

**KEY WORDS:** operational research, theory of queue, university hospital

### 1 | INTRODUÇÃO

As filas de espera são tópicos importantes no estudo para a melhoria na qualidade de atendimento dos clientes. Em muitos casos este é primeiro contato de um cliente com uma organização, sendo um momento considerado como cansativo pois, existe um grande desperdício de tempo. Porém, oferecer um serviço de qualidade significa saber

compreender a demanda de clientes, organizar sistemas que a controlem e ajustar a capacidade de atendimento em função da demanda, conseqüentemente reduzindo a espera e mantendo um serviço adequado para o cliente (GIANESI; CORRÊA, 2005).

Uma das principais problemáticas enfrentadas pelos pacientes do sistema de Saúde Pública é a espera pelo atendimento, a qual ocasiona filas extensas e muitas vezes, “A demora no atendimento exerce impactos significativos sobre o bem-estar, as probabilidades de cura, a natureza e extensão das sequelas nos pacientes, nos familiares envolvidos e na sociedade. ” (MARINHO, 2010, p. 2229). Muitas vezes esses problemas ocorrem pela falta de profissionais, gestão inapropriada dos recursos e infraestruturas, comprometendo, por fim, a qualidade no atendimento e na eficácia do sistema de saúde.

Neste trabalho será utilizado uma subárea de Pesquisa Operacional conhecida como Teoria das Filas. Este modelo consiste em aplicar modelos matemáticos aos fenômenos de filas para satisfazer o usuário das mesmas (produtos, clientes, pacientes entre outros) de modo a ser viável economicamente para o prestador do serviço, além disso este método torna possível prever acontecimentos: como dimensionamento, infraestrutura e qualidade de equipamentos para satisfazer os clientes

Com base no exposto acima, este trabalho busca melhoria do serviço do atendimento de pacientes da clínica médica do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. O modelo que possibilitou embasar a execução deste estudo, foi o método da Teoria das Filas, o qual visa estudar formação de filas através de análises matemáticas mensuráveis, buscando otimizar o desempenho de um sistema e reduzir seus custos operacionais, melhorando a qualidade percebida pelos clientes do serviço a ser oferecido. Nesta pesquisa também foi empregado a planilha formulada de simulação *Steady State Queuing Models*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo deste conceito deu-se início em 1909, Copenhague, Dinamarca, com Agner Krarup Erlang considerado o criador da Teoria das Filas. Com seu famoso estudo de caso das redes de telefonia, buscava formas de resolver um problema de redimensionamento de centrais telefônicas da cidade (Call Centers). (PRADO, 2009).

As filas de espera são um fenômeno corrente no dia-a-dia, pois o simples fato de existir clientes que desejam prestações de serviços, servidores que para serem utilizados é necessário que os clientes esperem e formem uma fila física ou conceptual e que haja um número de clientes superior ao número de servidores, e este serviço termina quando o cliente se retira, já passa a existir um tempo de espera. (PEREIRA, 2009, p.16)

A existência de filas e o tempo de permanência nelas estão intimamente ligados com a eficiência do sistema que presta serviços. Romero et al. (2010) defendem que

uma das principais utilizações da teoria das filas é a resolução de problemas que envolvem tempo de espera.

Desta maneira, podemos definir filas da seguinte maneira:

[...] é qualquer processo em que usuários oriundos de uma determinada população chegam para receber um serviço pelo qual esperam, se for necessário, saindo do sistema assim que o serviço é completado. Essa espera acontece quando a demanda é maior do que a capacidade de atendimento oferecido, em termos de fluxo (FOGLIATTI; MATTOS, 2007, p. 07).

Moreira (2010) define que a análise das filas torna possível prever parâmetros como dimensionamento, infraestrutura, quantidade de mão de obra e equipamentos. Contudo,

[...] a avaliação indireta, cuja principal vantagem em relação a outros métodos é o custo para o seu desenvolvimento. Observamos que existem outros métodos como a simulação direta na qual é necessário a montagem de um ambiente de simulação para estudo do problema. Além da medição ponto a ponto na qual haveria de se interromper o funcionamento das atividades do sistema a fim de se efetuar medições locais. Este último método como se vê, é inviável na prática. (CARIDADE et al, 2013, p. 78)

É por estes fatores que diversas organizações buscam trabalhar de maneira estratégica a minimização das filas, para que estes obtenham uma vantagem competitiva perante a seus concorrentes.

## 2.1 Características de um sistema de fila

Os clientes, gerados por uma fonte aleatória, ou não, ao chegarem a uma instalação de serviço podem iniciá-lo imediatamente ou esperar em uma fila se esta instalação estiver ocupada. A partir do momento que um servidor estiver livre, retira-se automaticamente um cliente que está à espera na fila, isso se existir algum. Se a fila estiver vazia, a instalação ficará ociosa até chegar um novo cliente (TAHA, 2008).

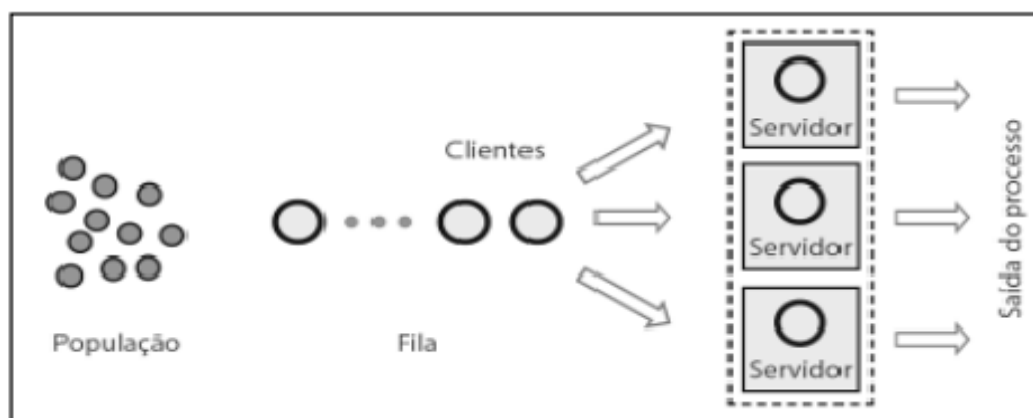


FIGURA 1 - Elementos de uma fila.

Fonte: Avelino (2016).

Segundo Davis et al (2001) o fenômeno das filas envolve seis componentes principais: população; a maneira como os clientes chegam ao serviço; a própria fila

física; a maneira como os clientes são atendidos a partir da fila; as características próprias do serviço; as condições de saída dos clientes do sistema.

### *2.1.1 Chegada da população*

A população ou clientes são gerados por uma fonte a qual pode ser infinita ou finita. Por sua vez, as fontes de população infinitas são definidas como grandes o suficiente para não ser afetado pela saída. Ao chegarem a uma instalação de serviço podem iniciar o serviço imediatamente ou esperar em uma fila se uma instalação de serviço estiver ocupada. Quando uma instalação conclui um serviço, chama automaticamente um cliente que está à espera na fila, se houver algum. Se a fila estiver vazia, a instalação ficará ociosa até chegar um novo cliente (TAHA, 2008).

### *2.1.2 Fonte de entrada*

É o Processo de chegada ( $\lambda$ ) dos clientes aos postos de atendimento. Através do conhecimento do número e instantes de tempo de chegada é possível definir elas acontecem através do processo chamado determinístico, caso contrário, tem-se um comportamento aleatório constituindo um processo estocástico caracterizado por uma distribuição de probabilidade.

### *2.1.3 Disciplina das Filas*

É a ordem pela qual os clientes serão atendidos podendo assumir diversos regimes. Os regimes podem ser classificados em: a) FIFO (First In, First Out), o primeiro que chega é o primeiro que sai; b) PRI (Priority Service), o objetivo é manter um cliente específico por menor tempo na fila que os demais; c) LIFO (Last In - First Out), o primeiro usuário a ser atendido é o último que chega; d) SIRO (Service In Random Order), o atendimento aos usuários segue uma ordem aleatória.

### *2.1.4 Arranjo de atendimento*

O Mecanismo de Atendimento ( $\mu$ ) é o fluxo de usuários sendo sua caracterização semelhante a chegada da população, dentro deste existem os postos ou canais de serviços podendo assumir valores finito ou infinito, estes serão definidos pela quantidade de pessoas suportadas pelo sistema criado pela organização. Este padrão estatístico de duração dos serviços é a taxa média de atendimento, expressa pelo número de clientes atendidos em uma unidade de tempo (FOGLIATTI E MATTOS, 2007).

Já os Canais de Atendimento são dispostos com até 5 tipo de canais como:

- a. Canal único, fase única: um único atendente e uma única fila.

- b. Canal único, fases múltiplas: um único atendente e várias filas.
- c. Canais múltiplos, fase única: vários atendentes e uma única fila.
- d. Canais múltiplos, fases múltiplas: vários canais e várias filas.
- e. Misto: este consiste em duas subcategorias, as estruturas múltiplas para canais únicos e as estruturas de caminhos alternativos. Esta composição se refere a um sistema de canais múltiplos e fase única.

### 2.1.5 Saída do Sistema

Depois que o cliente passou pelo processo do atendimento é possível a criação de dois fluxos de saída, o qual o cliente pode retornar à fonte populacional e não retornar a um novo atendimento, ou imediatamente tornar-se candidato para novo atendimento ou pode existir uma pequena probabilidade de retrabalho (DAVIS et al, 2001).

## 2.2 Variáveis da Fila de Espera

O matemático inglês David George Kendall (1918 - 2007) propôs a seguinte notação para representar cada fila de espera:

$A/S/m/K/N/Q$

Onde:

- a.  $A$  é a distribuição dos tempos entre as chegadas (processo de chegadas);
- b.  $S$  é a distribuição dos tempos de serviço (processo de atendimento);
- c.  $m$  é o número de servidores;
- d.  $K$  é a capacidade do sistema;
- e.  $N$  é o tamanho da população;
- f.  $Q$  é a disciplina da fila.

Muitas vezes, os três últimos símbolos são omitidos. Nestes casos, assume-se capacidade ilimitada, população infinita e disciplina de atendimento FIFO, ou seja, primeiro a chegar, primeiro a sair.

Na maioria dos casos a notação padrão para representar a distribuição de chegadas e partidas (algoritmos  $A$  e  $S$ ) é:  $M$  – distribuição Markoviana (ou de Poisson);  $D$  – tempo constante (determinístico);  $Er$  – distribuição de Erlang;  $G$  – distribuição geral (genérica).

A notação da disciplina da fila (símbolo  $Q$ ) inclui:  $FIFO$  – primeiro a chegar, primeiro a ser atendido;  $LIFO$  – último a chegar, primeiro a ser atendido;  $SIRO$  – serviço em ordem aleatória.

Muitas vezes, os três últimos símbolos são omitidos. Nestes casos, assume-se

capacidade ilimitada, população infinita e disciplina de atendimento *FIFO*.

No caso abordado pelo trabalho, filas na clínica médica do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian que, de acordo com a notação exposta a cima será:

$(M/M/8 / \infty / \infty / FIFO)$

Observamos então que o sistema de fila do HUMAP assume que seus processos de chegada (A) são estocásticos, portanto assumem variáveis aleatórias e independentes, pois cada paciente depende única e exclusivamente da sua necessidade para obter o atendimento médico. Já distribuição dos tempos (S) são Markovianas, visto que cada caso é especial e na maioria dos casos possuem tempos diferentes uns dos outros.

No processo de BackOffice, o número de servidores (m) assumiu o valor médio de 8 especialistas na área de saúde (Médicos, Residentes, Alunos) e as capacidades do sistema (K) e tamanho da população (N) assume valores infinitos. A fila assume uma disciplina *FIFO* – Primeiro a entrar é o primeiro a sair.

### 3 | METODOLOGIA

Entende-se que o Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian (HUMAP-UFMS) é um empreendimento que possui uma função crucial não só no aprendizado dos acadêmicos das diversas faculdades existentes na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, mas também funciona como um meio de auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população de Campo Grande e outros municípios do Estado do Mato Grosso do Sul.

Desta forma a pesquisa foi realizada durante 4 dias do mês de janeiro no período da manhã, das 6:30 até às 11:00, com base apenas na observação em um dos setores do Ambulatório Geral chamado de Clínica Médica. A Clínica Médica é um dos setores que mais possuem filas no Hospital Universitário, pois lá é possível encontrar diversas especialidades de atendimentos, como Psiquiatria, Endocrinologia, Cardiologia, Nefrologia, Nutricionista, entre outras, além de ser um dos principais locais onde os médicos residentes e discentes em medicina trabalham com intuito a auxiliar a população e ganhar conhecimento na área médica.

Outros recursos utilizados para levantamento dos dados foram um cronômetro e uma planilha eletrônica construída usando software Microsoft Excel, versão 2016, para anotar os dados e a planilha formulada de simulação *Steady State Queuing Models* disponível para fins educativos, através do link <http://goo.gl/siffFP>, sendo seu autor John O. McClain, professor de operações, tecnologia e informação de gestão da universidade de Cornell em Ithaca, NY, Estados Unidos da América.

Através dos recursos mencionados a cima foi possível o cálculo dos seguintes dados:

- a. Taxa de chegada ( $\lambda$ ), isto é, número médio de clientes que chegam por unidade de tempo;

- b. Taxa de serviço ( $\mu$ ), número médio de clientes que cada servidor atende por unidade de tempo;
- c. Tempo médio de serviço ( $1 / \mu$ );
- d. Número médio de clientes no sistema ( $L_s$ );
- e. Tempo médio de espera na fila ( $W_q$ );
- f. Tempo médio de espera no sistema ( $W_s$ );
- g. Taxa média de ocupação do serviço ( $\rho$ );
- h. Número de servidores ( $S$ );
- i. Probabilidade de o tempo de espera na fila exceder  $T$ ;
- j. Probabilidade de existirem no sistema  $k$  ou mais clientes;

A pesquisa poderia ter obtido resultados elaborados, se o hospital permitisse a interação dos pesquisadores com pacientes e médicos. Esta autorização não foi concedida pois, a solicitação para a execução do projeto foi enviada em um período que ocorreu a greve dos servidores da instituição e assim teve que ser autorizada com caráter de urgência para que os autores não perdessem o prazo estipulado pela instituição para a elaboração do projeto de iniciação científica.

Porém, levando em consideração as diversas burocracias para que houvesse a liberação para a execução da pesquisa e a greve dos servidores do Hospital, foi possível a coleta de dados suficientes para atender as necessidades demandadas pela pesquisa.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão as tabelas contendo os dados utilizados para os cálculos a seguir. Os dados são os seguintes: tempo de chegada (Chegada) e tempo de atendimentos (Tempo), foram calculados na unidade hh:mm:ss; quantidade de clientes está definida em números naturais.

CLIENTES	CHEGADA	TEMPO	CHEGADA	TEMPO	CHEGADA	TEMPO	CHEGADA	TEMPO
1	06:32:00	02:27:00	06:30:00	00:25:00	06:30:00	00:18:00	06:31:00	00:33:00
2	06:32:00	00:44:00	06:30:00	00:13:00	06:30:00	00:33:00	06:31:00	00:29:00
3	06:32:00	00:31:00	06:30:00	00:43:00	06:30:00	01:04:00	06:31:00	00:41:00
4	06:33:00	01:01:00	06:31:00	00:46:00	06:31:00	00:49:00	06:32:00	00:21:00
5	06:33:00	00:47:00	06:31:00	01:13:00	06:31:00	00:44:00	06:32:00	01:23:00
6	06:34:00	01:59:00	06:31:00	00:33:00	06:31:00	00:28:00	06:33:00	00:33:00
7	06:35:00	02:10:00	06:31:00	00:13:00	06:31:00	00:40:00	06:34:00	00:24:00
8	06:35:00	00:49:00	06:32:00	00:42:00	06:32:00	00:41:00	06:35:00	00:35:00
9	06:35:00	02:34:00	06:32:00	00:25:00	06:32:00	01:26:00	06:35:00	00:36:00
10	06:36:00	01:43:00	06:32:00	00:22:00	06:32:00	00:47:00	06:36:00	00:22:00
11	06:37:00	00:25:00	06:33:00	01:43:00	06:33:00	01:29:00	06:37:00	00:29:00



12	06:37:00	01:06:00	06:33:00	00:28:00	06:33:00	00:26:00	06:38:00	01:09:00
13	06:37:00	00:59:00	06:34:00	01:18:00	06:34:00	00:12:00	06:40:00	00:39:00
14	06:37:00	00:46:00	06:35:00	01:31:00	06:34:00	00:23:00	06:51:00	00:53:00
15	06:38:00	00:21:00	06:59:00	00:29:00	06:34:00	00:39:00	07:03:00	00:37:00
16	06:38:00	00:40:00	07:01:00	00:18:00	06:35:00	00:58:00	07:05:00	01:04:00
17	06:39:00	00:22:00	07:07:00	00:15:00	06:35:00	00:24:00	07:12:00	00:23:00
18	07:03:00	01:10:00	07:20:00	00:40:00	06:36:00	00:16:00	07:24:00	01:15:00
19	07:26:00	00:22:00	07:39:00	00:24:00	06:37:00	00:31:00	07:26:00	00:24:00
20	07:27:00	00:35:00	07:40:00	00:35:00	06:59:00	00:46:00	07:38:00	01:27:00
21	07:34:00	00:15:00	08:37:00	01:08:00	07:01:00	00:17:00	07:42:00	00:24:00
22	07:40:00	01:34:00	08:51:00	00:13:00	07:07:00	00:58:00	07:49:00	00:19:00
23	07:59:00	00:30:00	08:53:00	00:15:00	07:20:00	00:25:00	07:59:00	00:27:00
24	08:06:00	00:09:00	08:59:00	00:26:00	07:36:00	00:27:00	08:26:00	00:38:00
25	08:08:00	00:29:00	02:29:00	00:38:15	08:08:00	00:22:00	08:44:00	00:14:00
26	08:13:00	00:34:00			08:24:00	00:28:00	08:59:00	00:16:00
27	08:14:00	00:44:00			08:31:00	00:41:00	09:15:00	00:21:00
28	09:15:00	00:26:00			08:32:00	00:34:00		
29					09:01:00	00:22:00		

Tabela 1 - Dados de Chegada x Tempo de Atendimento

Fonte 1 – Autores (2016)

Através dos dados calculados durante os 4 dias, podemos retirar dados como taxa de chegada ( $\lambda$ ) e taxa de atendimento ( $\mu$ ). Estes são calculados através da média das chegadas em dos pacientes divididos pela quantidade de horas totais e a taxa de atendimento de apenas 1 funcionário dividido pela média de horários de atendimento.

Vejam os dados a seguir a tabela contendo os dados mencionados no parágrafo anterior

COLETA	CHEGADA	ATENDIMENTO
1	10,306	1,068
2	9,664	1,568
3	10,728	1,599
4	10,609	1,594
Média	10,32675	1,45725

Tabela 2 - Taxa de chegada ( $\lambda$ ) e Taxa de atendimento ( $\mu$ ).

Fonte 2 - Autores (2016)

Através destes dados, foi utilizada a tabela planilha formulada de simulação *Steady State Queuing Models*, a qual possibilita modelar o sistema de filas do Hospital Universitário.

Vejam os dados simulados:

Model is OK

<b>Inputs básicos:</b>	Quantidade de Servidores, $q =$	<b>8</b>
	Taxa de Chegada, $\lambda =$	<b>10,32</b>
	Taxa de Capacidade de Atendimento de cada servidor, $\mu =$	<b>1,45</b>
<b>Fila:</b>	Tamanho Médio da Fila ( $L_q$ ) =	<b>5,432</b>
	Tempo de Espera Médio ( $W_q$ ) =	<b>0,5263</b> hora
<b>K:</b> Probabilidade de mais de	<b>0</b> clientes esperando	<b>= 59,94%</b>
<b>T:</b> Probabilidade da espera ser maior que	<b>0,25</b> unidades de tempo	<b>= 48,92%</b>
<b>Atendimento:</b>	Utilização Média dos Servidores ( $\rho$ ) =	<b>88,97%</b>
	Média de Clientes no Atendimento ( $L_p$ ) =	<b>7,1172</b>
<b>Sistema Total (fila + clientes em atendimento):</b>	Média de Clientes no Sistema ( $L_s$ ) =	<b>12,549</b>
	Tempo Médio no Sistema ( $W_s$ ) =	<b>1,216</b>

Figura 1- Steady State Queuing Models Fonte 3 - Autores (2016)

Podemos notar que o modelo contendo 8 funcionários da saúde é o suficiente para manter o sistema modelado em equilíbrio, ou seja, atendimento está superando a demanda. Entretanto, estamos trabalhando com seres humanos, e a possibilidade de algum destes médicos faltar por motivos pessoais é bastante grande. Além deste fator, se observarmos a utilização média dos servidores, o número é considerado alto (88,97%) e o tempo de espera na fila é 0,5263 de hora, que equivale a 31,58 minutos.

Vejamos uma simulação com 7 atendentes:

**Warning: Arrival rate exceeds service capacity. Model is not valid.**

<b>Inputs básicos:</b>	Quantidade de Servidores, $q =$	<b>7</b>
	Taxa de Chegada, $\lambda =$	<b>10,32</b>
	Taxa de Capacidade de Atendimento de cada servidor, $\mu =$	<b>1,45</b>
<b>Fila:</b>	Tamanho Médio da Fila ( $L_q$ ) =	<b>-63,810</b>
	Tempo de Espera Médio ( $W_q$ ) =	<b>-6,1832</b> hora
<b>K:</b> Probabilidade de mais de	<b>0</b> clientes esperando	<b>= 106,87%</b>
<b>T:</b> Probabilidade da espera ser maior que	<b>0,25</b> unidades de tempo	<b>= 109,68%</b>
<b>Atendimento:</b>	Utilização Média dos Servidores ( $\rho$ ) =	<b>101,67%</b>
	Média de Clientes no Atendimento ( $L_p$ ) =	<b>7,11724</b>
<b>Sistema Total (fila + clientes em atendimento):</b>	Média de Clientes no Sistema ( $L_s$ ) =	<b>-56,693</b>
	Tempo Médio no Sistema ( $W_s$ ) =	<b>-5,4935</b>

Figura 2 - Sistema hipotético para 7 servidores Fonte 4 – Autores (2016)

Com a falta de apenas um servidor o sistema teve variação muito grande, passando a se tornar não válido, sendo assim impossível de atender toda demanda. Pois a taxa de utilização média dos servidores de 88,97% para 101,67%, tornando algo inviável para qualquer categoria trabalhista regulamentada, em conjunto com este fato, a probabilidade de tempo de espera ser maior que 15 minutos, o qual é permitido

pela legislação, se tornou 109,68%, ou seja, temos inconsistências nessa modelagem.

Visando uma melhoria da qualidade de atendimento do HUMAP, propomos uma inserção de 2 novos especialistas, sendo eles médicos, residentes ou discentes em medicina. Vejamos a justificativa da proposta modelada a seguir:

<b>Model is OK</b>							
<b>Inputs básicos:</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Quantidade de Servidores, <math>q =</math></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>10</b></td> </tr> <tr> <td>Taxa de Chegada, <math>\lambda =</math></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>10,32</b></td> </tr> <tr> <td>Taxa de Capacidade de Atendimento de cada servidor, <math>\mu =</math></td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>1,45</b></td> </tr> </table>	Quantidade de Servidores, $q =$	<b>10</b>	Taxa de Chegada, $\lambda =$	<b>10,32</b>	Taxa de Capacidade de Atendimento de cada servidor, $\mu =$	<b>1,45</b>
Quantidade de Servidores, $q =$	<b>10</b>						
Taxa de Chegada, $\lambda =$	<b>10,32</b>						
Taxa de Capacidade de Atendimento de cada servidor, $\mu =$	<b>1,45</b>						
<b>Fila:</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Tamanho Médio da Fila (<math>L_q =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>0,593</b></td> </tr> <tr> <td>Tempo de Espera Médio (<math>W_q =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>0,05744</b> hora</td> </tr> </table>	Tamanho Médio da Fila ( $L_q =$ )	<b>0,593</b>	Tempo de Espera Médio ( $W_q =$ )	<b>0,05744</b> hora		
Tamanho Médio da Fila ( $L_q =$ )	<b>0,593</b>						
Tempo de Espera Médio ( $W_q =$ )	<b>0,05744</b> hora						
<b>K:</b> Probabilidade de mais de	<b>0</b> clientes esperando = <b>17,09%</b>						
<b>T:</b> Probabilidade da espera ser maior que	<b>0,25</b> unidades de tempo = <b>8,44%</b>						
<b>Atendimento:</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Utilização Média dos Servidores (<math>p =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>71,17%</b></td> </tr> <tr> <td>Média de Clientes no Atendimento (<math>L_p =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>7,11724</b></td> </tr> </table>	Utilização Média dos Servidores ( $p =$ )	<b>71,17%</b>	Média de Clientes no Atendimento ( $L_p =$ )	<b>7,11724</b>		
Utilização Média dos Servidores ( $p =$ )	<b>71,17%</b>						
Média de Clientes no Atendimento ( $L_p =$ )	<b>7,11724</b>						
<b>Sistema Total (fila + clientes em atendimento):</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Média de Clientes no Sistema (<math>L_s =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>7,710</b></td> </tr> <tr> <td>Tempo Médio no Sistema (<math>W_s =</math>)</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><b>0,74709</b></td> </tr> </table>	Média de Clientes no Sistema ( $L_s =$ )	<b>7,710</b>	Tempo Médio no Sistema ( $W_s =$ )	<b>0,74709</b>		
Média de Clientes no Sistema ( $L_s =$ )	<b>7,710</b>						
Tempo Médio no Sistema ( $W_s =$ )	<b>0,74709</b>						

Figura 3 - Modelo sugerido Fonte 5 - Autores (2016)

A integração de mais 2 médicos à equipe da clínica médica do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian pode parecer inviável financeiramente, mas como colocado na metodologia, os servidores desse processo não são necessariamente Médicos formados e com residências terminadas, mas sim é composta também por estudantes do curso de medicina.

Com base neste pensamento é viável incrementar mais estudantes para exercer a função, pois assim estes terão um ganho muito proveitoso na sua vida profissional, pessoal e acadêmica, além de ser uma mão de obra relativamente barata e com um benefício muito maior para os pacientes e para o renome do HUMAP.

Analisando a parte estatística, modelada pela planilha *Steady State Queuing Models*, podemos observar melhorias significativas como tempo de fila que passa a ser de 3 minutos e 45 segundos contra os 31,58 minutos, a probabilidade de ficar na fila por mais de 15 minutos passa a ser 8,44% contra 48,92%. Entretanto a quantidade de utilização do servidor cai apenas 17,79%, porém já é um grande passo para futuras melhorias.

## 5 | CONCLUSÕES

Este trabalho buscou a melhoria do serviço do atendimento de pacientes da clínica médica do Hospital Universitário Maria Aparecida Pedrossian em Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

O método de estudos da Teoria das Filas em conjunto com a planilha formulada de simulação *Steady State Queuing Models.*, se mostrou satisfatório na realização da pesquisa de análise das Filas do HUMAP, oferecendo dados que demonstram que o sistema se encontra em equilíbrio e a capacidade de atendimento supera a demanda de pacientes, porém devido a utilização média dos servidores representar 88,97% de ocupação, o tempo médio que o paciente deve esperar para ser atendido é de 31,58 minutos, o que sugere que a melhor solução a ser adotada é aumentar a quantidade de servidores, de 8 para no mínimo 10. Dessa maneira, o tamanho médio das filas reduz de 5,4 pacientes para 0,59 pacientes, o tempo médio de espera reduz para 3,45 minutos, além de não sobrecarregar a utilização média dos servidores, pelo contrário, reduzindo para 71,17%, fator importante, por se tratar de uma profissão onde erros devido ao cansaço da sobrecarga de trabalho, são inadmissíveis.

É importante destacar que para futuros estudos, a coleta de informações em diferentes horários do dia e com maior periodicidade, pode fornecer dados mais consistentes podendo ser analisados com maior eficácia, de maneira a otimizar o serviço de atendimento no hospital.

## REFERÊNCIAS

AVELINO, G. A. **Avaliação e Controle de Sistemas de Informação**, Teoria das Filas – 2016.

DAVIS, M.; AQUILANO, N. & CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de Filas**. Editora Inter ciência. Rio de Janeiro, 2007.

MARINHO, A. **Um estudo sobre as filas no Sistema Único de Saúde brasileiro**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.22, n. 10, p. 2229 , Out. 2010.

Moreira, D. A., **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. Thomson Learning, São Paulo, 2010.  
Norato, H. M

PEREIRA, C.R. V. **Uma introdução às filas de espera**. 2009. p. 16 Dissertação (Mestrado) – Universidade da Madeira, Funchal, 2009.

PRADO, D.S. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4. ed. Nova Lima: INGD Tecnologia e Serviços Ltda, 2009.

TAHA, H., **Pesquisa Operacional**, Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2008

## A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP NA PRIORIZAÇÃO DE ORDENS DE SERVIÇO: O ESTUDO DE CASO NA PREFEITURA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**Nathan Nogueira Freitas**

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia de Produção  
Brasília – DF

**Marcos Vilarindo Paeslandim Rodrigues**

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia de Produção  
Brasília – DF

**RESUMO:** Este artigo tem como escopo o desenvolvimento de um modelo classificatório de análise multicriterial a fim de classificar e ordenar as ordens de serviços recebidas pela PRC UnB sob a ótica do AHP (Processo Hierárquico Analítico). O método multicritério de apoio à decisão possui um conjunto de ferramentas que possibilita dar suporte a um indivíduo no processo de tomada de. No caso deste projeto, o problema foi apresentado pela prefeitura da UnB, que é responsável pela manutenção da infraestrutura do Compus. Desta forma, a situação problema reside na quantidade de ordens de serviços em abertos e a falta de instrumentos que possibilitem ordenar e priorizar essas ordens e, com isso, otimizar todo o processo de manutenção da PRC UnB. Para modelar um problema de decisão multicritério, várias problemáticas podem ser consideradas. Elas podem ser classificadas como de escolha, classificação ou ordenação. Nosso estudo

levou em consideração a problemática de ordenação. Esse processo ajuda a ordenar as ações em ordem decrescente de preferência, classificando as ações e determinando uma ordem em cima de uma base de modelo de preferências. Desta forma, ancorado no método multicritério à tomada de decisão, objetivamos fazer um estudo definindo critérios relevantes para a análise e estruturação da árvore decisória. E, por último, construir uma planilha eletrônica para classificação e ordenação das ordens de serviços recebidas pela prefeitura da UnB, dando inteligência e otimizando todo o processo de recebimento e execução das ordens de serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amostragem de Trabalho; Produtividade; Desperdícios

**ABSTRACT:** This article aims to develop a classification model for multicriteria analysis in order to classify and order the service orders received by PRC UnB from the perspective of the Analytical Hierarchical Process (AHP). The decision support method has a set of tools that enables an individual to be supported in the decision making process. In the case of this project, the problem was presented by the city of UnB, which is responsible for maintaining the infrastructure of Compus. In this way, the problem situation is the number of open service orders and the lack of instruments that

make it possible to order and prioritize these orders, and with that, optimize the entire maintenance process of PRC UnB. In order to model a multicriteria decision problem, several problems can be considered. They can be classified as of choice, classification or ordering. Our study took into account the problematic of ordination. This process helps to sort the actions in descending order of preference, sorting the actions and determining an order on top of a preference template basis. In this way, anchored in the multicriteria method to decision making, we aim to make a study defining relevant criteria for the analysis and structuring of the decision tree. And, finally, to build a spreadsheet for sorting and ordering the service orders received by the city of UnB, giving intelligence and optimizing the entire process of receiving and executing service orders.

**KEYWORDS:** Work sampling; Productivity; Waste

## 1 | INTRODUÇÃO

A utilização correta do dinheiro público, isenta de parcialidade, atendendo a sociedade de maneira equitativa, onde grande parcela da sociedade possa se beneficiar da ação dos gestores públicos, é um dos principais fatores de cobrança da população. (CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO, 2010).

As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), por serem públicas, não fogem a essa regra, sendo essencial que seus gestores utilizem corretamente seus recursos de forma a atender com maior eficiência e eficácia a comunidade como um todo.

Segundo Longaray e Bucco (2014) os setores que exercem atividades administrativas dessas instituições, tem papel fundamental no alcance dos objetivos finalísticos das IFES, assegurando o ensino, pesquisa e extensão dos docentes e da população.

Neste contexto, este trabalho apresenta a utilização do método multicritério de apoio a decisão para auxiliar gestores da Prefeitura dos Campi da Universidade de Brasília (PRC UnB) a priorizar as Ordens de Serviço (OS), relativas aos serviços de manutenção, obra, segurança e jardinagem desta universidade. A princípio esta universidade não havia estabelecido um critério para ordenamento de suas demandas, onde a OS de troca de lâmpada apresentava o mesmo grau de importância de uma demanda de construção de laboratórios de pesquisa. Tal problema acarretava atrasos em OS de caráter emergencial, além de gerar insatisfação dos solicitantes, pois suas demandas ocorriam com um certo atraso.

Para tanto, o presente artigo está organizado em cinco seções. Após esta, a seção 2 traz o referencial teórico do artigo, a base teórica para o entendimento da Método de Análise Hierárquica (AHP). A seção 3 discorre sobre os aspectos metodológicos da pesquisa. A seção 4 trata do a aplicação do AHP no ordenamento de demandas. Por fim, a seção 5 estabelece as conclusões a respeito da pesquisa.

## 2 | MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Segundo Costa (2006) a análise multicritérios busca a modelagem e solução de um problema com múltiplas opções, critérios e importâncias distintas, sendo constantemente usado no âmbito da tomada de decisão hierárquica.

O diferencial dos métodos multicritérios é o fato deste considerar diversos aspectos, avaliando as ações por um conjunto de critérios, sendo cada um uma função matemática que mede o desempenho de determinados aspectos (ENSSLIN, 2001).

O método AHP é um método de apoio a tomada de decisão com enfoque em multicritérios utilizada para quantificar os critérios e prover a resolução de conflitos (VARGAS, 1990). Assim, a utilização deste método possibilita a formulação de problemas incorporando conhecimentos e julgamento, propondo uma solução otimizada para o problema (ALVES; ALVES, 2015).

Iañez e Cunha (2006) destacam que a grande vantagem em utilizar o AHP é permitir aos usuários a atribuição de pesos para atributos múltiplos, ou múltiplas alternativas para um único atributo, comparando simultaneamente as propostas.

Devido a sua amplitude o AHP pode ser utilizado por pesquisadores, gestores públicos e empresários, podendo ser aplicado no planejamento estratégico, marketing, programas de qualidade e produtividade, além de fornecer estrutura para auxiliar gestores na análise de diversos fatores, como, por exemplo, na seleção de demandas prioritárias (YANG; LEE, 1997).

Segundo Costa (2006) e Costa e Moll (1999), o AHP três princípios que sintetizam o pensamento multicritério.

1ºPrincípio – Estruturação do problema em hierarquias, com o modelo estruturado em hierarquias há melhor compreensão e avaliação do problema, permitindo estruturar as interações funcionais dos seus componentes e seus impactos no sistema total. Os elementos seguem uma distribuição hierárquica, demonstrado na figura 1, onde o topo da árvore encontra-se o objetivo geral do estudo, seguindo pelos critérios e subcritérios. Desta forma, esse arranjo possibilita uma visualização gráfica do problema, orientando especialistas sobre as comparações paritárias.

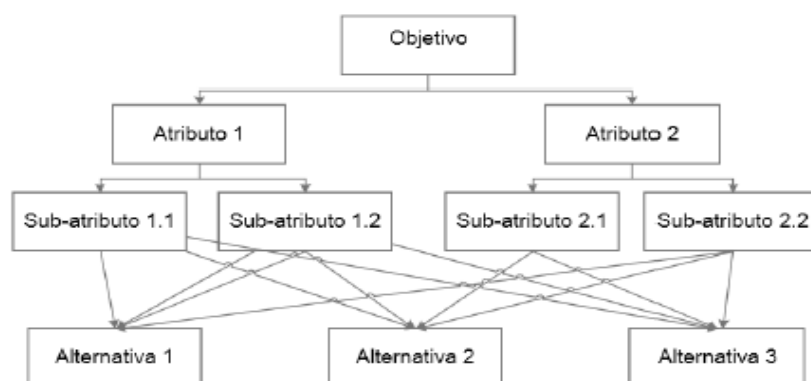


Figura 1 - Estrutura Hierárquica

Fonte: adaptado de Saaty e Vargas (2001)

2º Princípio – Definição de prioridades e julgamentos, os critérios são comparados par a par, a fim de obter a importância relativa entre eles.

Saaty e Vargas (2001) comentam que por meio das comparações as prioridades avaliadas no AHP obtêm características objetivas e subjetivas demonstrando a proporção de domínio de uma em relação a outra.

Bandeira et al. (2010) discutem que a obtenção de prioridades de forma interativa através de reuniões com equipes multicritério, para julgar e avaliar os critérios objetivos e subjetivos.

A intensidade dos julgamentos comparativos dos critérios pareados, segundo Saaty e Vargas (2001), podem ser obtidos de acordo com a tabela 1:

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Mesma importância	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância fraca de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem levemente um atributo em relação ao outro.
5	Importância forte ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um atributo em relação ao outro.
7	Importância muito forte ou demonstrada	Um atributo é fortemente favorecido em relação ao outro; seu predomínio de importância é demonstrado na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de favorecimento entre duas definições.

Tabela 1- Escala de Julgamentos

Fonte: Saaty e Vargas (2001)

3º Princípio – Consistência Lógica, Taylor (2010) explica que o AHP é baseado em comparações paritárias entre alternativas diferentes. Desta forma, mesmo que os julgadores possuam conhecimento e experiência, podem ocorrer inconsistências no sistema, principalmente quando envolvem diversas comparações. Portanto, é essencial uma maneira de validar os dados, assegurando a consistência do sistema, de forma que um conjunto de ações paritárias.

O método AHP ainda calcula a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos. A RC é calculada através da divisão entre o índice de consistência randômica (IR), obtido através da matriz de ordem “n”, com elementos não negativos, pelo índice de consistência (IC) obtido pela seguinte fórmula:  $IC = (b_{máx} - n) / (n - 1)$ , onde  $b_{máx}$  é o maior vetor da matriz de julgamentos. Em seu trabalho Saaty e Vargas (2001) indicam que o ideal seria um IC menor ou igual a 0,1, porém os autores salientam que isto é apenas uma regra geral, podendo variar dependendo da ocasião.

### 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção dedica-se a explicitar o desenvolvimento metodológico deste trabalho.



Classificando o trabalho quanto à finalidade, procedimentos técnicos, coleta de dados, lógica de pesquisa, abordagem metodológica e instrumento (GIL, 2002; KAUARK et al., 2010).

Quanto a sua finalidade, segundo Gil (2002), o trabalho enquadra-se como pesquisa exploratória, pois objetiva a maior familiaridade com o tema, tornando-o explícito, possibilitando a identificação entre os fenômenos estudados.

O objetivo geral do trabalho consiste na criação de um modelo capaz de priorizar e ordenar as OS da PRC UnB. Para alcance deste, os seguintes objetivos específicos foram pautados: análise da situação atual; identificação dos critérios; determinação das preferências do sistema; estabelecimento da hierarquia entre os critérios; análise da consistência; avaliação das alternativas propostas.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso (KAUARK et al., 2010), pois envolve o estudo de um objeto de forma a permitir seu amplo conhecimento. Este estudo foi realizado na PRC UnB, órgão auxiliar da reitoria da Universidade de Brasília (UnB) instituída com o objetivo de manter os serviços de infraestrutura da UnB, coordenando os serviços de: manutenção predial; manutenção de instalações; transporte; segurança; obras de reformas; conservação e limpeza; mudança e jardinagem.

A coleta de dados foi realizada através de entrevistas e análise de dados (GIL, 2002). Foram elaboradas entrevistas não estruturadas para obtenção dos dados, os dados relativos as OS também foram analisadas de forma a assegurar o melhor modelo.

A lógica de pesquisa adota é a mista, sendo indutiva na fase de estruturação do modelo, e assume perspectiva dedutiva nas fases de realização dos julgamentos e síntese das prioridades, podendo adotar conclusões particulares (GIL, 2002).

Quanto a abordagem metodológica, segundo Gil (2002), o trabalho é qualitativo. Segundo o autor, a adoção dessas duas abordagens, proporciona uma base contextual mais rica para interpretação e validação do trabalho. Desta forma, este estudo é qualitativo na etapa de estruturação, e quantitativo no julgamento e análise das prioridades.

Por último, o instrumento de intervenção utilizado para apoiar os gestores da PRC UnB na priorização das OS foi o AHP. A seleção deste método é o fato deste considerar diversos aspectos, avaliando as ações por um conjunto de critérios, sendo cada um uma função matemática que mede o desempenho de determinados aspectos (ENSSLIN, 2001).

#### **4 | APLICAÇÃO DA AHP**

A metodologia aplicada para auxiliar na decisão da escolha do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil é baseada nos conceitos e métodos de análise

hierárquica. Segundo Longaray e Bucco (2014), este método pode ser aplicado em três etapas: estruturação do modelo; realização dos julgamentos e síntese de prioridades. A seguir essas etapas serão apresentadas.

#### 4.1 ESTRUTURAÇÃO DO MODELO

Como dito anteriormente, este estudo foi realizado na PRC UnB para criação de um modelo de priorização das OS que tratam, de maneira geral, do uso rotineiro e postura espacial das áreas físicas da UnB.

Para a solicitação de serviço para a prefeitura, o solicitante preenche o SICOS (Sistema de Controle de Ordem de Serviços). Esse é um sistema informatizado de gestão de processamento de solicitação de serviços. Ele integra e moderniza os procedimentos de solicitação dos serviços gerais de manutenção predial, instalações físicas, obras de reforma, conservação e limpeza, transporte, segurança e outros.

Na PRC UnB, essas demandas chegam aos coordenadores os setores que distribui aos gerentes de serviços (elétricos, alvenaria, etc.). Os gerentes, por sua vez, fazem manualmente a triagem das OS, sem um critério específico para determinar a priorização do serviço. Algumas alterações, por exemplo, necessitavam da análise de vários gerentes, devido à natureza do serviço, sofrendo diversos tipos de alterações de prioridades ao longo do processo.

Verificou-se, também, que muitos serviços necessitavam de um certo grau de urgência, seja pelo grau de serviço que pode comprometer diversas atividades locais, ou pela emergência de troca de equipamento do hospital universitário.

Desta forma, a fim de entender o processo e verificar a situação atual das demandas, a pedido da prefeitura, foi realizada a análise dos chamados abertos referentes aos problemas elétricos. Esta análise foi baseada no diagrama de Pareto, que segundo Werkema (1995), é um gráfico que dispõe a informação de forma a tornar evidente a priorização do tema. A figura 2 demonstra o diagrama obtido nesta análise, sendo possível verificar que 80% das demandas concentram-se em 5 tipos de ordem de serviço.

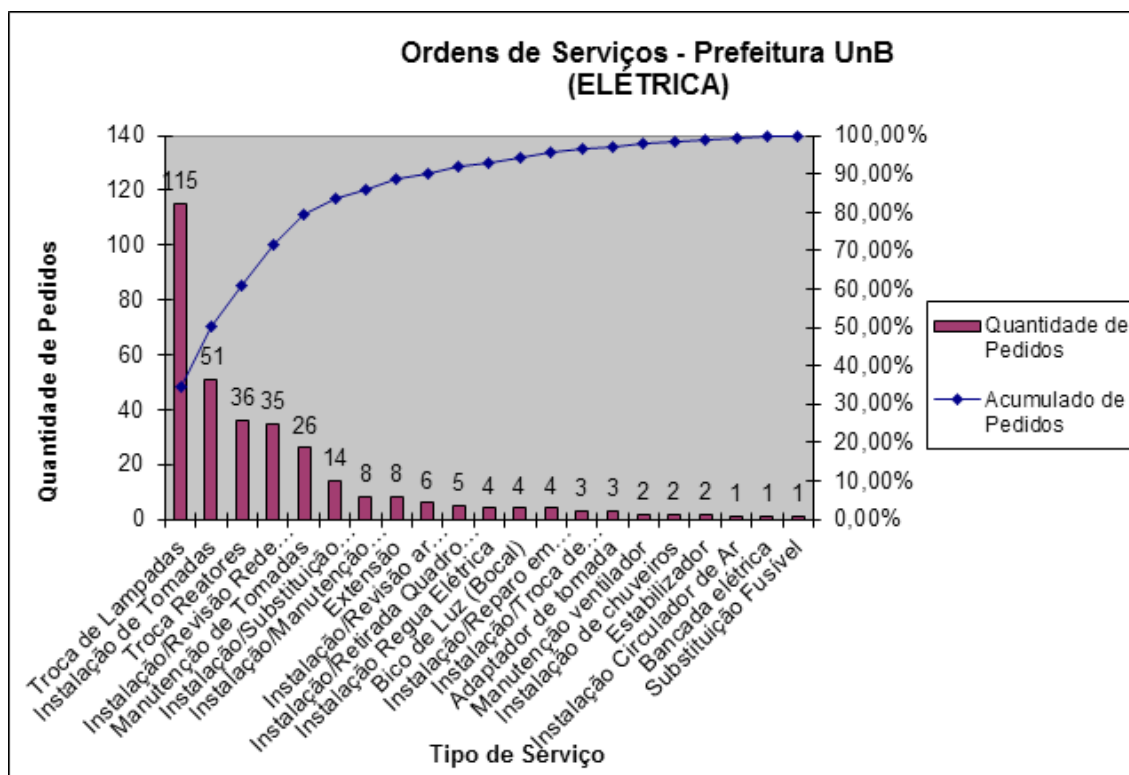


Figura 2 – Diagrama de Pareto das OS

Através da visão global dos problemas, e com reuniões com os gestores da PRC UnB, foi elaborado a árvore dos critérios decisivos para hierarquização dos chamados, sendo estabelecido os seguintes critérios: riscos, solicitante, data da solicitação.

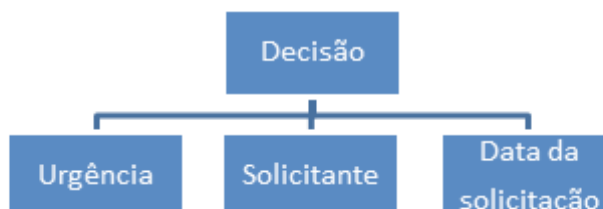


Figura 3 – Árvore de decisão

O critério “urgência” foi adotado para verificar a criticidade da solicitação, levando em consideração o seu impacto de maneira geral. O tipo de solicitante também impacta na conclusão da demanda, sendo necessário a criação do critério “solicitante”, determinando o perfil do criador da OS. Por último, a análise também deveria levar em consideração o prazo de conclusão da demanda, de forma a priorizar as demandas mais antigas no sistema.

Após determinação dos critérios é possível realizar sua mensuração e comparação, podendo avançar na segunda etapa do método AHP: realização de julgamentos.

#### 4.2 REALIZAÇÃO DE JULGAMENTOS

O próximo passo consistiu em realizar a análise pareada entre os critérios selecionados, onde são avaliadas as preferências de cada elemento de decisão,

para tanto, utilizou-se a escala de comparação de pares do AHP. Para comparação dos critérios, foi realizada entrevistas com os gerentes da PRC UnB onde o critério “Urgência” obteve pontuação 10 vezes maior que os demais, já os outros critérios obtiveram notas praticamente iguais. Através destas avaliações a seguinte matriz foi obtida:

<b>Crítérios</b>	<b>Riscos</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Data de Solicitação</b>
Riscos	1	10	10
Solicitante	0,1	1	1
Data de Solicitação	0,1	1	1
<b>Soma</b>	<b>1,2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Tabela 2- Matriz de Preferências

Após classificação dos julgamentos, conforme critérios estabelecidos pelos gestores da PRC UnB, foi avaliado – através do *software Expert Choice* – o quociente de consistência da matriz assinalada. O valor deste quociente foi inferior a 0,1, ou seja, abaixo do limite esperado, concluindo que houve consistência nos julgamentos analisados. Logo, após realização dos julgamentos foi possível avançar para a última etapa do método AHP, síntese das prioridades.

### 4.3 SÍNTESE DAS PRIORIDADES

Nesta etapa, a matriz é normalizada a fim de obter o índice de consistência do modelo. Para isso foi realizado a divisão de cada elemento, pela soma total de cada coluna, conforme tabela 3:

<b>Normalizada</b>	<b>Urgência</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Data de Solicitação</b>
Urgência	0,83333	0,833333	0,8333333
Solicitante	0,08333	0,083333	0,0833333
Data de Solicitação	0,08333	0,083333	0,0833333

Tabela 3- Matriz de vetores normalizados

Através desta tabela se extrai o vetor prioridade de cada critério, que é calculado através da média aritméticas entre os elementos das linhas, demonstrado na tabela 4. Os cálculos desses vetores servirão de base para o peso da decisão final.

<b>Normalizada</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
Urgência	0,83333333
Solicitante	0,08333333
Data de Solicitação	0,08333333

Tabela 4- Matriz de vetores de prioridades das matrizes

De posse dos dados obtidos calcula-se o vetor soma ponderada, que é obtido pela soma dos produtos dos elementos das linhas das matrizes normalizadas pelos elementos do vetor prioridade.

<b>Normalizada</b>	<b>Vetor Soma Ponderada</b>
Urgência	2,5
Solicitante	0,25
Data de Solicitação	0,25

Tabela 5- Matriz da soma ponderada

Assim, conseguimos definir o vetor consistência média, através da razão entre os elementos do vetor soma ponderada pelo vetor prioridade.

<b>Normalizada</b>	<b>Consistência Média</b>
Urgência	3
Solicitante	3
Data de Solicitação	3

Tabela 6- Valor consistência média

A média entre esses valores nos dá o  $\lambda_{\max}$ , que é utilizado para os cálculos do índice de consistência (IC) e da razão de consistência (RC). Essa análise foi feita para o modelo criado, com 3 critérios, para o qual o índice de consistência aleatória (ICA) é 0,52. Para o cálculo desses fatores as seguintes equação foram utilizadas:  $IC_3 = (\lambda_{\max} - 3)/2$ , usada para cálculo do IC, e  $RC_3 = IC_3/ICA_3$ , usada para cálculo do RC.

Através das equações foram obtidos os dados necessários para avaliação da validade do modelo, sendo compilado os dados na tabela 07.

<b>Fatores</b>	<b>Valor</b>
$\lambda_{\max}$	3
ICA	0,52
IC	0
RC	0

Constata-se que as razões de consistência apresentam valor inferior a 5%, que segundo Saaty e Vargas (2001) constata-se a validade do sistema, já que o valor calculado foi inferior a 10%.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após validação do sistema, faz-se a análise das alternativas, para isso foi criado valores de referência para o ranqueamento das ordens de serviço. Esses valores foram criados levando em consideração os três critérios estabelecidos e pela análise das OS abertas, obtidas no diagrama de Pareto.

Referências para Ranqueamento das Ordens de Serviço		
Urgência	5	A OS está relacionada a um trabalho que envolve risco de vida
	4	A OS está relacionada a um trabalho que envolve risco de grandes perdas ou danos de materiais, ativos ou patrimônio
	3	O não cumprimento da OS impedirá o fluxo normal de aulas por longo período de tempo (mais de 2 semanas)
	2	O não cumprimento da OS impedirá o fluxo normal de aulas por baixo período de tempo (menos de 2 semanas)
	1	A OS não apresenta critério de urgência
Solicitante	5	OS solicitada pelo Reitor ou gabinete
	4	OS solicitada por Diretores de Faculdades e demais funcionários da reitoria
	3	OS solicitada pelos Coordenadores de curso
	2	OS solicitada por Professores e demais funcionários da Universidade de Brasília
	1	OS solicitada por alunos e outros
Data da solicitação	5	Data atual menos a data da solicitação maior ou igual a 370 dias
	4	Data atual menos a data da solicitação maior ou igual a 90 e menor que 370 dias
	3	Data atual menos a data da solicitação maior ou igual a 60 e menor que 90 dias
	2	Data atual menos a data da solicitação maior ou igual a 30 e menor que 60 dias
	1	Data atual menos a data da solicitação menor que 30 dias

Tabela 8- Referência para a Hierarquização das OS

Observa-se que as pontuações foram criadas com valores entre 1 a 5. Esta pontuação foi criada para facilitar o entendimento e priorização dos dados, facilitando a triagem e ranqueamento dos chamados.

Os valores de referência para os critérios serviram de base para criação de uma ferramenta de priorização dos chamados, levando em consideração o método AHP. Para isso, foi criado uma planilha para facilitar a priorização de ordens de serviço na PRC UnB.

TABELA DE RANQUEAMENTO DE ORDENS DE SERVIÇO										
Ordem de Serviço	Urgência	Solicitante	Data de Solicitação	Descrição de Solicitação	Valor OS	Relevância	Data de Entrega Solicitada	Data de Entrega Efetiva	LeadTime	Entregue
Troca de lâmpada						0,000				
Reparação de tomada elétrica para laboratório						0,000				
Informe anfiblasto após enchente						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
						0,000				
<b>Referências para Ranqueamento das Ordens de Serviço</b>										
Urgência	5	A OS está relacionada a um trabalho que envolve risco de vida								
	4	A OS está relacionada a um trabalho que envolve risco de grandes perdas ou danos de materiais, ativos ou patrimônio								
	3	O não cumprimento da OS impedirá o fluxo normal de aulas por longo período de tempo (mais de 2 semanas)								
	2	O não cumprimento da OS impedirá o fluxo normal de aulas por baixo período de tempo (menos de 2 semanas)								
	1	A OS não apresenta critério de urgência								
Solicitante	5	OS solicitada pelo Reitor ou gabinete								
	4	OS solicitada por Diretores de Faculdades e demais funcionários da reitoria								
	3	OS solicitada pelos Coordenadores de curso								
	2	OS solicitada por Professores e demais funcionários da Universidade de Brasília								
	1	OS solicitada por alunos e outros								
<b>Confronto</b>	<b>Urgência</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Data de Solicitação</b>							
Urgência	1	10	10							
Solicitante	0,1	1	1							
Data de Solicitação	0,1	1	1							
<b>TOTAL</b>	<b>1,2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>							
<b>Normalizada</b>	<b>Urgência</b>	<b>Solicitante</b>	<b>Data de Solicitação</b>	<b>Vetor Prioridade</b>	<b>Vetor Soma Ponderada</b>	<b>Consistência Média</b>				
Urgência	0,833333	0,833333	0,833333	0,833333	2,5	3				
Solicitante	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,25	3				
Data de Solicitação	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,25	3				
<b>λmax</b>			3							
<b>ICA</b>			0,52							
<b>IC</b>			0							
<b>RC</b>			0							

Figura 4 – Planilha de priorização das OS

Observa-se que a planilha contém os dados da avaliação, portanto caso haja alteração nos valores dos critérios, os gestores da PRC UnB poderão reavaliar os critérios de forma a obter outros valores de priorização, desde que o IC e RC sejam respeitados.

Por último, para testar e validar a planilha criada, foi realizado o posicionamento de dez OS, obtendo-se o seguinte ordenamento:

TABELA DE RANQUEAMENTO DE ORDENS DE SERVIÇO							
Ordem de Execução	Ordens de Serviço	Risco	Solicitante	Data de Solicitação	Distância de Solicitação	Valor DS	Relevância
1º	80378	4	3	23/05/2013	62	3	3,833
2º	79699	4	2	14/03/2013	132	4	3,833
3º	79640	4	2	14/05/2013	71	3	3,75
4º	66320	2	2	11/03/2013	135	4	2,167
5º	79617	2	3	14/05/2013	71	3	2,167
6º	80462	1	3	01/01/2013	204	4	1,417
7º	66022	1	3	04/05/2013	81	3	1,333
8º	80415	1	2	24/05/2013	61	3	1,25
9º	79574	1	2	13/05/2013	72	3	1,25
10º	80558	1	2	28/05/2013	57	2	1,167

Figura 5 – Chamados hierarquizados pela planilha

Verifica-se, portanto, que o ordenamento foi feito com base nos critérios estabelecidos, sendo uma pontuação de relevância, responsável pelo ordenamento dos chamados. Após este teste, a prefeitura da UnB, observou-se que a ferramenta não continha a presença do cálculo do lead time do atendimento, mostrando a diferença entre a data requerida e a entrega efetiva, solicitando a possível inclusão deste acompanhamento. Para isso, foi feita uma adaptação na planilha sendo elaborado uma planilha e um gráfico exclusivamente para o controle do lead time.

Data da Solicitação	Data da Entrega Requerida	Lead Time Data Requerida	Data da Entrega Efetiva	Lead Time Data Efetiva
01/06/2013	15/07/2013	44	02/08/2013	62
16/07/2013	20/07/2013	4	05/09/2013	51
01/01/2013	12/01/2013	11	18/01/2013	17

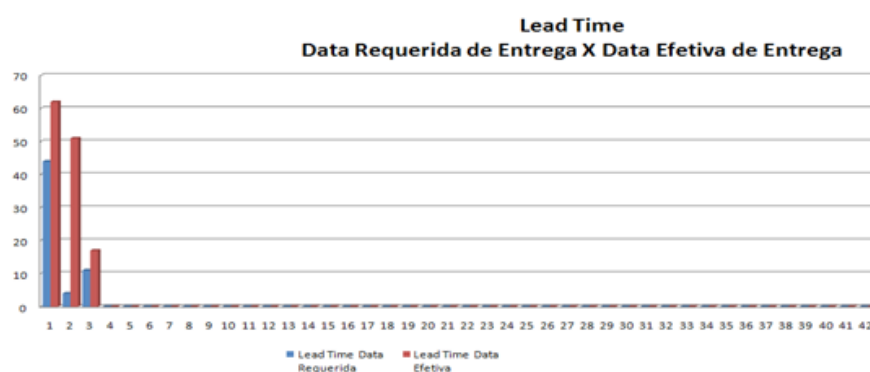


Figura 5 – Ferramenta de lead time

Após inclusão do acompanhamento do lead time, a proposta foi validada pela PRC UnB, sendo utilizada para controle e priorização das suas ordens de serviço. Logo, é possível observar que a utilização desta ferramenta serviu de base para o acompanhamento de OS, podendo ser replicada em outros modelos de priorização com base em multicritérios.



## 6 | CONCLUSÃO

Conclui-se que em todos os projetos serão enfrentados diversos desafios. Mudanças muito provavelmente irão ocorrer, e isso não significa que o projeto falhou, mas sim que se adaptou para se tornar algo mais efetivo.

Foi observado que para que a coleta de dados possa ser mais efetiva, deve-se buscar a opinião do maior número de funcionários envolvidos no processo que está sendo analisado. Todos têm um ponto de vista, uma opinião e sugestões que podem ser extremamente válidas para o sucesso do projeto. Quando foca-se apenas em uma ou poucas pessoas como fonte de informação o projeto pode ser comprometido.

Um fator interessante foi a adaptação de alguns critérios que a princípio seriam colocados na tabela de ordenação das Ordens de Serviço. A equipe a princípio utilizaria cinco critérios e conseguiu absorver dois deles no fluxograma da Prefeitura, o que ajuda na diminuição da subjetividade no preenchimento da planilha e diminui o possível risco de um erro humano. Ou seja, não se prender ao que foi previamente estabelecido pode gerar resultados melhores.

Além disso, conclui-se que as sugestões de melhoria no sistema de Triagem das Ordens de Serviço da PRC-UnB só serão efetivas se houver um monitoramento e controle regularmente aplicado através de auditorias internas.

## REFERENCIAS

ALVES, J.R.X.; ALVES, J.M. Definição de localidade para instalação industrial com apoio do método de análise hierárquica (AHP). **Production**, v.25, n.1, p. 13 – 26, jan./mar. 2015.

BANDEIRA; D.L. BECKER; J.L.; ROCHA, A.K. Sistemática multicritério para priorização de embarques marítimos. **Revista de Administração Mackenzie**. Vol. 11, n. 6. 2010.

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. **Controle Social**: orientações aos cidadãos para participação na gestão pública e exercício do controle social. Brasília: Via Brasilia. 2010.

COSTA, H.G. **Auxílio multicritério à decisão**: método AHP. Rio de Janeiro: Abepro. 2006.

COSTA, H.G, MOLL, R.N. **Emprego do método de análise hierárquica (AHP) na seleção de variantes para o plantio de cana-de-açúcar**. Gestão & Produção, 1999.

ENSSLIN, L. **Apoio à decisão**: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular. 2001.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

IAÑEZ, M.M.; CUNHA, C.B. **Uma metodologia para seleção de variedades para o plantio de cana-de-açúcar**. Produção, 16(3), 394-412. 2006.

KAUARK, F.S.; MANHÃES, F.C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia da pesquisa**: um guia prático. Itabuna: Via Litterarum. 2010.

LONGARAY, A.A; BUCCO, G.B. **Uso da análise de decisão multicritério em processos licitatórios**

**públicos: um estudo de caso.** Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.14, n.1, p.219-241. 2014.

SAATY; T.L.; VARGAS; L. G. **Models, methods, concepts application of analytic hierarchy process.** Norwell: Kluwer Academic Publishers. 2001.

TAYLOR; B.W. **Introduction to management science.** 10 ed. Nova Jersey: Pearson/Pretencie Hall. 2010.

VARGAS, L.G. An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. **European Journal of Operational Research.** North-Holland. 1990.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

YANG; J.; LEE, H. **An AHP** decision model for facility location selection. **Facilities**, vol. 15, ISS: 9pp; 241-254. 1997.

## ANALYTIC HIERARCHY PROCESS COMO FERRAMENTA DE APOIO A SERVITIZAÇÃO E POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DE RESTAURANTES

### Wellington Goncalves

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
São Mateus – Espírito Santo (ES)

### Rodrigo Randow de Freitas

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
São Mateus – Espírito Santo (ES)

### Fernando Nascimento Zatta

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Programa  
de Pós-Graduação em Controladoria e Finanças  
Empresariais  
São Paulo – São Paulo (SP)

### Keydson Quaresma Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Engenharias e Tecnologia  
São Mateus – Espírito Santo (ES)

**RESUMO:** O presente trabalho contribui para a implementação de estratégias de posicionamento mercadológico e competitivo para um modelo de servitização de restaurantes. O trabalho teve como objetivo investigar e apresentar de forma hierarquizada dimensões de critérios e subcritérios para a tomada de decisão na elaboração de estratégias de servitização, mediante emprego do método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP). O tema estudado apresenta relevância para a academia e para gestores com impacto positivo

no setor de serviços puro e de produtos e serviços integrados. Os achados da pesquisa indicam que o posicionamento estratégico na servitização de restaurantes pode ser implementado com respaldo nos critérios e respectivos subcritérios de maior relevância, na seguinte ordem: valor, subcritério valor despertado no cliente, receptividade, subcritério atenção personalizada do atendimento e credibilidade, subcritério honestidade no trato com clientes. A metodologia de pesquisa foi um levantamento survey aplicado a 434 respondentes válidos, cuja taxa de retorno foi de 91%.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Analytic Hierarchy Process*, Servitização, Posicionamento estratégico.

**ABSTRACT:** The present work contributes to the implementation of marketing and competitive positioning strategies for a restaurant servitization model. The objective of this study was to investigate and present hierarchical dimensions of criteria and subcriteria for decision making in the elaboration of servitization strategies using the multi-criteria *Analytic Hierarchy Process* (AHP). The theme studied is relevant to academia and managers with a positive impact on the pure services sector and integrated products and services. The research findings indicate that the strategic

positioning in restaurant services can be implemented with support in the criteria and respective subcriteria of greater relevance, in the following order: value, subcriterium value awakened in the client, receptivity, subcritério personalized attention of service and credibility, subcritério honesty in dealing with clients. The survey methodology was a survey survey applied to 434 valid respondents, whose rate of return was 91%.

**KEYWORDS:** Analytic Hierarchy Process, Servitization, Strategic positioning.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os consumidores tornam-se cada vez mais sofisticados sobre a forma como interpretam ações e estratégias mercadológicas (BALASUBRAMANIAN et al., 2015). Nesse sentido, consumidores e empresas de vários setores procuram adotar novas estruturas e estratégias corporativas para atender o desejo dos consumidores (GHAFARIAN et al., 2016) oferecendo serviços e/ou produtos e serviços integrados (NEELY, 2008). Na literatura, esse movimento em direção a ofertas integradas de produtos e serviços é denominado “servitização” (VANDERMERWE; RADA, 1998). Sacconi et al. (2014), consideram a servitização como uma ferramenta de auxílio ao posicionamento estratégico organizacional. Esta visão foi destacada por Vandermerwe e Rada (1988) em relação ao setor de alimentação que encontra na servitização instrumentos de auxílio ao replanejamento estratégico, pois suas características mercadológicas envolvem diversos critérios ou fatores que impactam esse planejamento.

Segundo Balasubramanian et al. (2015), os clientes escolhem restaurantes com baseada no grau de inovação ofertado, como uma condição intrínseca que deve estar presente no posicionamento estratégico. Baseado na condição específica de uma empresa, uma estratégia de posicionamento é fonte da sua vantagem competitiva (JIA, 2015). Para Skinner (1969) e Porter (1996), o posicionamento estratégico motiva o desenvolvimento empresarial, e, por conseguinte, utiliza múltiplos critérios na composição e replanejamento do posicionamento mercadológico.

No que diz respeito ao posicionamento de restaurantes, a elaboração de estratégias de servitização e posicionamento estratégico, encontra respaldo na satisfação das necessidades básicas ou não dos indivíduos, de consumir em certo local ou definir qual alimento ingerir (MASLOW, 1954), observando-se que o hábito alimentar individual é espelho de uma série de costumes e valores culturais e sociais, estabelecidos no meio em que se vive (DOMINGUEZ, 2000). Neste sentido, Poulain e Proença (2003) citam que o que se consome é tão importante quanto a como, onde e com quem está comendo. Desta forma, compreender as inúmeras vertentes sociais, culturais e econômicas, que caracterizam as atitudes de consumo, é primordial para poder avaliar o empreendimento e respectivos produtos ou serviços ofertados.

Considerando os motivos expostos nesta seção, este trabalho possui como objetivo hierarquizar critérios, subcritérios e opções para serem utilizados na elaboração de estratégias de servitização e posicionamento estratégico de restaurantes, mediante

emprego do método multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Valor percebido por clientes de restaurantes

Se pensarmos numa escala temporal e histórica, quanto a relação entre clientes e restaurantes, pode-se presumir, por exemplo que no século XIII, existiam poucos estabelecimentos para fornecimento de alimentação, podendo-se supor que grande parte deles servia refeições, inevitavelmente de qualidade duvidosa, a indivíduos com baixo poder aquisitivo e socialmente de baixo nível (LOBO, 1999; TOMAZZONI; BOCK, 2013).

Ao avançar pela linha do tempo, pode-se entender que os empreendedores se depararam com a necessidade de aumentar o nível de satisfação dos clientes, buscar sua lealdade na aquisição de produtos ou serviços, para tornar a empresa mais competitiva (PARASURAMAN et al., 1985; MORGAN; REGO, 2006).

Afere-se então, pelos trabalhos de Johns e Pine (2002) e Ryu et al. (2012), que o valor percebido pelos clientes em restaurantes provoca uma investigação para o entendimento das diversas variáveis, ante a realidade atual, no sentido de identificar pontos chave sobre o que é oferecido, além de considerar a aproximação entre cliente e estabelecimento com o fim de se observar a valorização do espaço, isto é, a imagem que o cliente faz do restaurante.

Artuger e Çetinsöz (2013) enfatizam que a receptividade deve ser priorizada ao estabelecer estratégias para atendimento ao cliente, pois os primeiros contatos devem formar uma imagem de atenção personalizada, associada a rapidez no atendimento.

Neste contexto, Koshki et al. (2014) relatam que a credibilidade deve ser associada a receptividade. De acordo com estes autores, essa condição deve ser precedida de aspectos ambientais que permitam desenvolver a confiança dos clientes, além da crença e prática de valores organizacionais, seguida da honestidade no trato com clientes.

Oluwafemi e Dastane (2016) afirmam que a principal preocupação de um restaurante deve ser no aspecto do valor percebido pelos clientes e que, o gerenciamento de relacionamento auxilia a formulação de estratégias de agregação de valor ao cliente e na definição do valor monetário dos produtos.

### 2.2 Servitização e posicionamento estratégico

A servitização consiste na oferta de valor a partir da integração da produção de bens com a prestação de serviços, com foco no atendimento das necessidades dos clientes, no desenvolvimento de inovações e na diferenciação entre concorrentes (BAINES et al., 2009). De acordo com Gebauer et al. (2010), este é um modelo de

adaptação a um novo formato de competição mercadológica, reconhecido como um processo de criação de valor com resultados positivos para empresas e clientes.

Gebauer et al. (2010) destacam que diferentes critérios de servitização se correlacionam de acordo com as características específicas de cada organização, com destaque para o serviço orientado à cultura corporativa que envolve os valores corporativos e o comportamento dos colaboradores com uma cultura voltada a serviços.

No que se refere a serviços de alimentação, a imagem mental do restaurante é uma dimensão do valor percebido pelo cliente quanto a satisfação, qualidade, ambiente físico e serviço de alimentação. Koshki et al. (2014) evidenciam que a qualidade do restaurante inerente ao ambiente físico, a alimentação e serviços, satisfação e imagem mental do restaurante têm efeitos positivos no valor percebido e no comportamento do cliente.

Artuger e Çetinsöz (2013) apresentam diversos fatores considerados determinantes para a inclinação de clientes a um restaurante. Estes autores apontam ainda, que essa inclinação decorre de aspectos da qualidade do produto/serviço e da presença de elementos como a apresentabilidade.

Oluwafemi e Dastane (2016) destacam que o marketing verbal e reputação do mensageiro, bem como a rapidez da entrega do pedido são fatores determinantes para a percepção de valor pelos clientes e auxiliam o posicionamento estratégico do restaurante.

### **2.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)**

Determinadas tomadas de decisão, por envolverem a seleção de diversos critérios, muitas vezes necessitam empregar métodos múltiplos critérios (AMINBAKSHI et al., 2013). Gonçalves e Assumpção (2014), ressaltam que este tipo de tomada de decisão é um processo que envolve várias etapas: (i) definição de objetivos, (ii) escolha dos critérios para medir os objetivos, (iii) especificação de opções, (iv) atribuição de pesos aos critérios e subcritérios, e (v) algoritmo matemático adequado para a classificação de opções.

Segundo Saaty (1977), a principal vantagem do AHP é sua capacidade de verificar e reduzir inconsistência de julgamentos, por se tratar de um método estruturado que emprega múltiplos critérios de auxílio à tomada de decisão, avaliados por meio de escalas em vez de medidas. Para Fan et al. (2013), outra importante característica do AHP está em suportar soluções em tomadas de decisão que envolvem problemas multicritérios por meio de uma estrutura hierárquica (Figura 1).

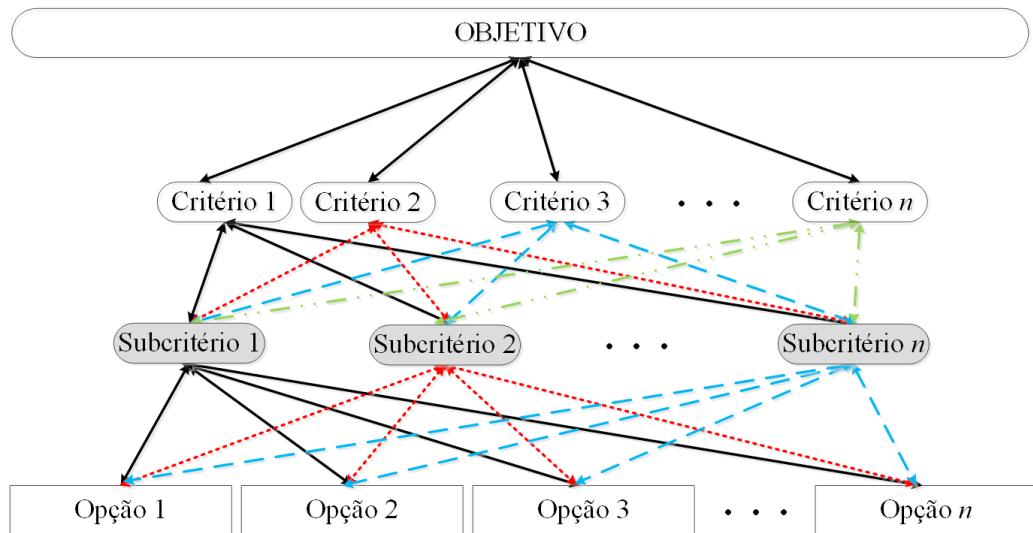


Figura 1 - Estrutura hierárquica para operacionalização do AHP

Fonte: Fan et al. (2013).

Segundo Aminbakhsh et al. (2013), o AHP envolve três princípios fundamentais: a decomposição da estrutura, a comparação de julgamentos e a composição hierárquica, além de decompor um problema nas suas partes constituintes para permitir a construção de hierarquias e determinar a importância de cada critério e subcritérios, para que cada parte possa ser analisada independentemente (SAATY, 1977). A partir disto, a hierarquia é composta e uma escala numérica é atribuída a cada par de  $n$  opções ( $a_{ij}$ ), ver Tabela 1. Nesta comparação paritária, são atribuídos valores que variam de 1 a 9 em que a escala determina a importância relativa de uma opção  $i$ , com relação à opção  $j$  expressa por  $a_{ij}$ , sendo o inverso a comparação da opção  $j$  em relação à opção  $i$  expresso por  $1/a_{ij}$ .

Escala verbal	Escala numérica ( $a_{ij}$ )	Escala verbal	Escala numérica ( $a_{ij}$ )
Extremamente preferido	9	Entre moderado e forte	4
Entre muito forte e extremo	8	Moderadamente preferido	3
Muito fortemente preferido	7	Entre igual e moderado	2
Entre forte e muito forte	6	Igualmente preferido	1
Fortemente preferido	5		

Tabela 1 - Escala do AHP para combinações paritárias

Fonte: Saaty (1977).

Nesse contexto Aminbakhsh et al. (2013), destacam que deve ser utilizada a média geométrica dos valores obtidos, com o objetivo de manter as características dos pesos e seus recíprocos, em que cada elemento  $a_{ij}^c$  das matrizes consolidadas pode

ser determinado (Equação 1).

$$a_{ij}^c = \prod_{i=1}^k a_{ij}^{1/k} \quad (1)$$

Então, dada a obtenção de matrizes consolidadas, os valores obtidos são padronizados com relação a cada elemento. E, cada elemento padronizado da matriz é obtido a partir da Equação 2.

$$a_{ij}^c = a_{ij}^c / \sum_{i=1}^j a_{ij}^c \quad (2)$$

A partir da matriz dos atributos consolidada e padronizada, é possível calcular os pesos relativos entre os critérios e subcritérios, que podem ser determinados pelo cálculo da média aritmética dos elementos das linhas correspondentes a cada um deles (Equação 3).

$$pa_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^j a_{ij}^c}{N} \quad (3)$$

Após a determinação dos pesos de cada critério e subcritério é possível estabelecer a hierarquia entre os mesmos, nesse caso, é obtido o grau de importância atribuído a cada julgamento. Desta forma, o mesmo processo matemático deve ser realizado para cada opção sob a ótica de cada atributo, os valores dos pesos ( $pa_{ij}$ ) indicam a classificação hierárquica das opções. Assim, para que se possa obter o resultado final da análise, determina-se o peso global ( $pg_i$ ) de cada opção, calculando-se a média ponderada dos pesos (Equação 4).

$$pg_i = \sum_{i=1}^j (p_i) \cdot g(pa_{ij}) \quad (4)$$

O método AHP foi idealizado para minimizar possíveis inconsistências dos julgamentos, e assim, ao serem alcançadas as matrizes de julgamentos, devem ser verificadas suas consistências lógicas (SAATY, 1977). Para tanto, é calculada a Razão de Consistência ( $RC$ ), que pode ser obtida por meio da Equação 5.

$$RC = IC / RC \quad (5)$$

A  $RC$  indica a confiabilidade do julgamento, além disso, deve haver o atendimento a condição  $RC \leq 0,10$  (SAATY, 2008). O Índice de Consistência ( $IC$ ) randômica elaborado por uma matriz recíproca de ordem  $n$ , é gerado randomicamente com elementos não negativos (Equação 6).

$$IC = \frac{(\lambda_{máx.} - n)}{(n-1)} \quad (6)$$

Em que o  $IC$  indica a coerência dos julgamentos, sendo quanto mais próximo



estiver de zero, maior será a consistência global da matriz de comparação, entretanto, se estas condições não forem atendidas, será necessário refazer todos os julgamentos, ou até descartar a avaliação (SAATY, 1977).

### 3 | METODOLOGIA

Este trabalho utilizou procedimentos de coleta de dados por meio de levantamento *survey* (RUNGTUSANATHAM et al., 2003; HELMUTH et al., 2015), numa população de 441 clientes de restaurantes localizados no município de São Mateus, nordeste do Estado do Espírito Santo - ES. A seleção desta localidade como unidade de pesquisa ocorreu devido a concentração de restaurantes observada em comparação com os demais municípios circunvizinhos (IJSN, 2013), e também, pelos investimentos em infraestrutura promovidos pelo Governo Federal (BRASIL, 2015).

Os entrevistados foram selecionados aleatoriamente a partir de seus perfis em um site de relacionamento social, e, a partir disso, enviado um convite para participar de um levantamento *survey*. Para obter respostas fidedignas, foi estabelecido com os respondentes um canal de comunicação aberto para facilitar a elucidação do objetivo e contribuições do trabalho. Adotou-se um nível de confiança de 95%, com valor da abscissa de 1,96 e erro amostral máximo de 5 pontos percentuais, com uma proporção estimada da população de 95 pontos, os quais atendem o intervalo  $Z < 3$  (*Z score*), para um valor de  $p < 0,001$  (KALSON, 2014).

O procedimento metodológico utilizado teve duas etapas mutuamente complementares. A primeira etapa composta por quatro fases, envolveu a investigação dos constructos teóricos relativos a servitização (ARTUGER; ÇETINSÖZ, 2013; KOSHKI et al., 2014; OLUWAFEMI; DASTANE, 2016), base para a determinação dos critérios e subcritérios e a seleção de opções; a segunda etapa, compreendeu a operacionalização do AHP por meio de três fases (Figura 2).

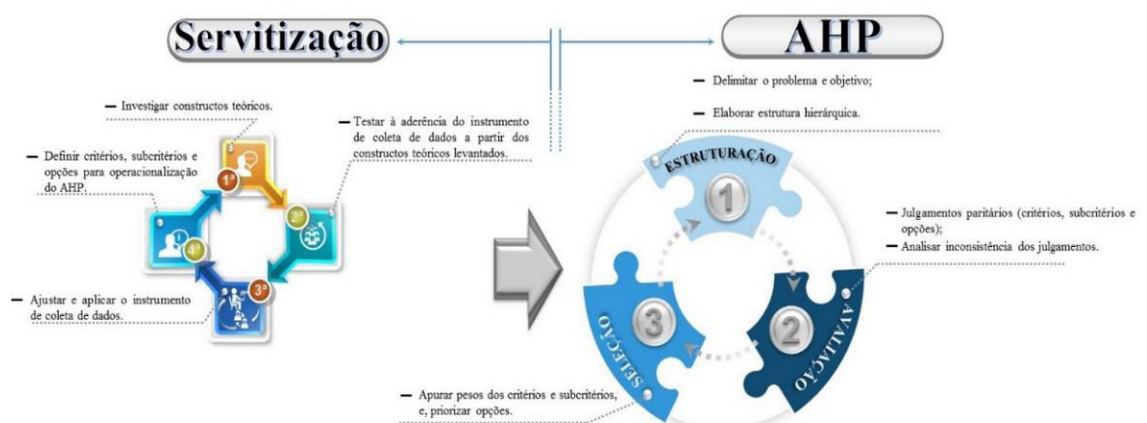


Figura 2 - Estrutura do desenvolvimento metodológico

Fonte: Autores.

A primeira etapa que compreendeu quatro fases, foi iniciada com o levantamento

dos constructos teóricos de servitização de restaurantes (1ª fase). Na sequência, foi feito um teste-pilo do questionário aplicado a uma amostra de 5% da população, para a verificação da aderência dos constructos à realidade do mercado (2ª fase). A terceira fase efetivou ajustes no questionário, e em seguida a versão final do questionário foi aplicada à população, depois dos ajustes decorrentes do teste-piloto (4ª fase).

A segunda etapa do procedimento metodológico, foi iniciada mediante os parâmetros de decisão definidos, sendo os mesmos utilizados como fatores de delimitação da resolução do problema e objetivo a serem atingidos pela aplicação do AHP, configurando a estruturação inicial que serviu de base dos julgamentos paritários. Por fim, foi efetivada a elaboração da estrutura hierárquica.

Na sequência, da segunda fase, foi efetivada a ponderação dos critérios e subcritérios partir de julgamentos paritários, para a verificação de possíveis inconsistências decorrentes da operacionalização do AHP. A terceira fase concretizou a apuração dos pesos dos critérios e subcritérios e a priorização das opções. A operacionalização do AHP foi feita no *Software Expert Choice* versão *Demo*.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa da metodologia adotada levantou os constructos teóricos de servitização, conforme Artuger e Çetinsöz (2013), Koshki et al. (2014) e, Oluwafemi e Dastane (2016). A coleta de dados do trabalho consistiu em 441 questionários preenchidos, dos quais 7 foram suprimidos, sendo 1 por conter informações incompletas e omissas, e 2 considerados *outliers*, sendo assim, foram considerados válidos 434 questionários, correspondentes a taxa de retorno de 91% da amostra investigada.

Os resultados obtidos forneceram os critérios, subcritérios e opções apresentados na Tabela 3, utilizados na operacionalização do AHP (4ª fase).

<b>Critérios</b>	<b>Subcritérios</b>
Receptividade	Atenção personalizada (R1); Rapidez no atendimento (R2); Eficácia em resolver problemas (R3).
Credibilidade	Condições ambientais que permitam confiança (C1); Crença e pratica de valores organizacionais (C2); Honestidade no trato com clientes (C3).
Valor	Valor despertado no cliente (V1); Gerenciamento de relacionamento com clientes (V2); Valor monetário dos produtos (V3).
<b>Opções</b>	Imagem no mercado; variedade do cardápio; qualidade nutricional; ambiente e localização.

Tabela 3 - Critérios, subcritérios e opções obtidos

Fonte: Autores.

Considerando os parâmetros de decisão ora definidos e o objetivo do presente estudo, a segunda etapa foi desenvolvida, mediante a elaboração da estrutura

hierárquica utilizada para operacionalização do AHP (Figura 3). Assim, a avaliação dos critérios e subcritérios foi realizada a partir de julgamentos paritários empregando o *software Expert Choice Demo*, verificando-se a existência de inconsistências nessas ponderações (segunda fase da operacionalização do AHP).

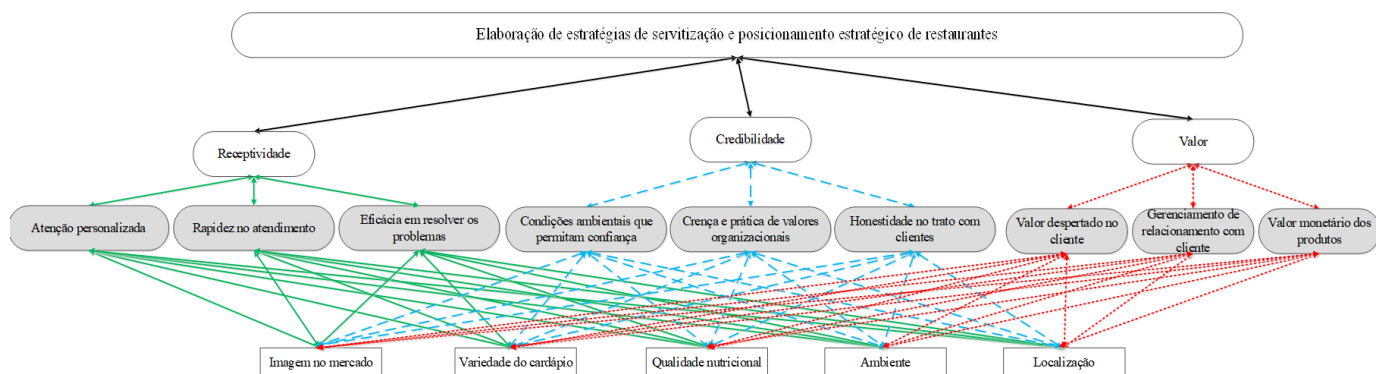


Figura 3 - Hierarquização de constructos

Fonte: Autores.

A partir da operacionalização do AHP, foi verificado se as matrizes de comparação paritária apresentavam valor de consistência satisfatório ( $RC = 0,05$ ), para a consistência global (SAATY, 1977).

Assim, os julgamentos dos respondentes apontaram para um conhecimento sobre as tendências e necessidades do mercado, ou seja, a imagem dos clientes influencia diretamente a escolha pelo restaurante (Figura 4). Este resultado é corroborado por Artuger e Çetinsöz (2013).

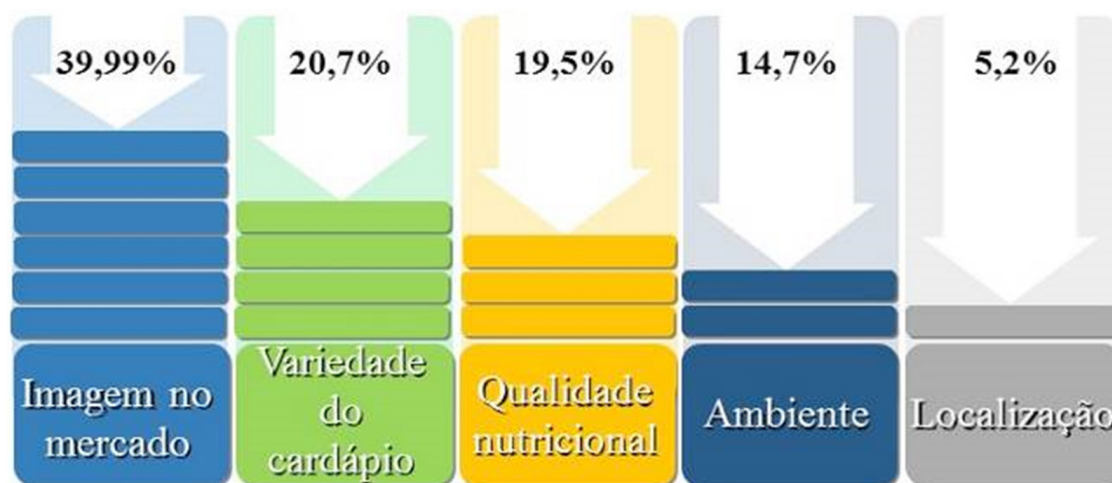


Figura 4 - Hierarquização de constructos

Fonte: Autores.

A Tabela 4 apresenta os pesos dos critérios e subcritérios obtidos na operacionalização do AHP, para a formulação das estratégias para servitização e posicionamento mercadológico conforme indicado por Vandermerwe e Rada (1988) e Sacconi et al. (2014). A partir destes critérios e subcritérios é possível evidenciar a

percepção do mercado de forma mais abrangente e entender a forma de inovações com ações e processos que possibilitem a empresa ofertar produtos e/ou produtos e serviços integrados.

<b>Crítérios</b>	<b>Peso</b>	<b>Subcrítérios</b>	<b>Peso</b>
Receptividade	77%	R1	76,1%
		R3	16,6%
		R2	7,3%
Credibilidade	16,2%	C3	58,6%
		C2	35,3
		C1	6,1%
		V1	80,4%
Valor	6,8%	V2	12,2%
		V3	7,4%

Tabela 4 - Crítérios e subcrítérios com respectivos pesos

Fonte: Autores.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente mercadológico em que os restaurantes estão inseridos determina que haja um planejamento flexível, e adaptável às sazonalidades do mercado, proporcionando uma maior aderência dos produtos ofertados e da infraestrutura disponibilizada. Com isso, essa realidade pode ser afetada pela disponibilidade e pelo nível de percepção despertado no cliente.

A partir desta postura o nível de especialização tende a crescer, e, desta forma, além de promover uma infraestrutura que consiga uma produtividade, a empresa deve se atentar para os anseios do mercado. Como por exemplo, a receptividade evidenciada nos resultados deste trabalho, a qual deve atender às expectativas dos clientes, por influenciar diretamente a decisão de escolha.

Os resultados evidenciam que o posicionamento estratégico e servitização, para o ambiente investigado pode ser implementado utilizando o método AHP. Assim, ressalta-se que esse posicionamento tem respaldo, primeiramente no critério valor, subcritério valor despertado no cliente, segundo no critério receptividade, subcritério atenção personalizada do atendimento e terceiro no critério credibilidade, subcritério honestidade no trato com clientes.

Este trabalho contribui com uma proposta metodológica que auxilia na formulação de uma concepção de servitização à restaurantes, agregando valor ao planejamento estratégico organizacional para alcançar vantagens competitivas.

## REFERÊNCIAS

- AMINBAKHS, S.; GUNDUZ, M.; SONMEZ, R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. **Journal of safety research**, v. 46, p. 99-105, 2013.
- ARTUGER, S.; ÇETINSÖZ, B. C. Factors influencing the tipping propensity of restaurant customers: A study in 5 star hotels a la carte restaurants. **International Journal of Business and Social Science**, v. 4, n. 17, p. 70-78, 2013.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; BENEDETTINI, O.; KAY, J. M. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 5, p. 547-567, 2009.
- BALASUBRAMANIAN, K.; BALRAJ, A.; KUMAR, J.; KUMAR, J. Customer Preference's to Select a Restaurant Through Smart Phone Applications: An Exploratory Study. **Advanced Science Letters**, v. 21, n. 5, p. 1489-1493, 2015.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Programa de Investimentos em Logística (PIL)**. 2015. Disponível em: <<http://www.logisticabrasil.gov.br>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- DOMINGUEZ, S. V. Valor percebido como elemento estratégico para obter a lealdade dos clientes. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 53-64, 2000.
- FAN, G.; GOODMAN, E. D.; LIU, Z. AHP (Analytic Hierarchy Process) and computer analysis software used in tourism safety. **Journal of Software**, v. 8, n. 12, p. 3114-3119, 2013.
- GEBAUER, H.; EDVARDSSON, B.; GUSTAFSSON, A.; WITTELL, L. Match or mismatch: Strategy-structure configurations in the service business of manufacturing companies. **Journal of Service Research**, v. 13, n. 2, p. 198-215, 2010.
- GHAFFARIAN, M.; KAFIPOUR, R.; SOORI, A. Domestication and Foreignisation Strategies in Restaurant Menu Translation. **Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities**, v. 24, n. 4, p. 1417-1429, 2016.
- GONÇALVES, W.; ASSUMPÇÃO, M. R. P. Localização de Centro de Distribuição em zona secundária: proposta de um método por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP). *Revista Espacios*, v. 35, n. 11, p. 17, 2014.
- GREGORASH, B. J. Restaurant revenue management: apply reservation management? **Information Technology & Tourism**, v. 16, n. 4, p. 331-346, 2016.
- HELMUTH, C. A.; CRAIGHEAD, C. W.; CONNELLY, B. L.; COLLIER, D. Y.; HANNA, J. B. Supply chain management research: Key elements of study design and statistical testing. **Journal of Operations Management**, v. 36, p. 178-186, 2015.
- IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves. **Desempenho do setor portuário do Espírito Santo**. 2013. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- JIA, Y. Strategic Positioning: Key Point of Business Transformation. **Open Journal of Social Sciences**, v. 3, p. 67-73, 2015.
- JOHNS, N.; PINE, R. Consumer behaviour in food service industry: a review. **Hospitality management**, v. 21, n. 2, p. 119-134, 2002.
- KALSON, A. The Effects of Leader-Member Exchange and Employee Wellbeing towards Employee Turnover Intention. Victoria: DEAKIN, 2014. 220 p. (Tese de Doutorado) - **Universidade Deakin** -

**Escola de negócios Deakin**, Victoria, 2014.

KOSHKI, N.; ESMAEILPOUR, H.; ARDESTANI, A. S. The study on the effects of environmental quality, food and restaurant services on mental image of the restaurant, customer perceived value, customer satisfaction and customer behavioral intentions. **Journal of Business and Management Review**, v. 3, n. 10, p. 261-272, 2014.

LOBO, A. **Manual de estrutura e organização do restaurante comercial**. São Paulo: Atheneu, 1999.

MASLOW, **Motivation and personality**. Nova York: Harper & Row, 1954.

MORGAN, N. A.; REGO, L. L. The Value of different customer satisfaction and The Value of different customer satisfaction and Loyalty metrics in predicting business performance. **Marketing Science**, v. 25, n. 5, p. 426-439, 2006.

NEELY, A. Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing. **Operations Management Research**, v. 1, n. 2, p. 103-118, 2008.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A.; BERRY, L. L. A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. **Journal of Marketing**, v.49, n. 4, p. 41-50, 1985.

PORTER, M. E. What Is Strategy? **Harvard Business Review**, november, p. 61-78, 1996.

POULAIN, J. P.; PROENÇA, R. P. C. O espaço social alimentar: um instrumento para o estudo dos modelos alimentares. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 3, p. 245-256, 2003.

OLUWAFEMI, A. S.; DASTANE, O. The impact of word of mouth on customer perceived value for the Malaysian restaurant industry. **East Asian Journal of Business Management**, v. 6, n. 3, p. 21-31, 2016.

RUNGTUSANATHAM, M. J.; CHOI, T. Y.; HOLLINGWORTH, D. G.; WU, Z.; FORZA, C. Survey research in operations management: historical analyses. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 4, p. 475-488, 2003.

RYU, K.; LEE, H, R.; GON KIM, W. The influence of the quality of the physical environment, food, and service on restaurant image, customer perceived value, customer satisfaction, and behavioral intentions. **International Journal of Contemporary Hospitality Management**, v. 24, n. 2, p. 200-223, 2012.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

\_\_\_\_\_. Decision making with the analytic hierarchy process. **International journal of services sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SACCANI, N.; VISINTIN, F.; RAPACCINI, M. Investigating the linkages between service types and supplier relationships in servitized environments. **International Journal of Production Economics**, v. 149, p. 226-238, 2014.

SKINNER, W. Manufacturing – missing link to corporate strategy. **Harvard Business Review**, may-june, p. 136-145, 1969.

TOMAZZONI, E. L.; BOCK, I. A. Marketing e gestão estratégica de hotelaria: Um estudo bibliométrico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 7, n. 1, p. 35-50, 2013.

VANDERMERWE, S.; RADA, J. Servitization of Business: Adding Value by Adding Services. **European Management journal**, v. 6, n. 4, p. 314-324, 1988.

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

### Ingrid Dantas Silva

Engenharia de Produção

Rio de Janeiro – RJ

### Marcos Santos

Seção de Engenharia de Computação

Rio de Janeiro – RJ

### Marcone Freitas Reis

Departamento de Engenharia Civil

Rio de Janeiro – RJ

**RESUMO:** Atualmente, a escolha de um sistema Enterprise Resource Planning (ERP) é um dos processos mais sensíveis de uma organização. Sendo este um sistema que irá apoiar e integrar todo o negócio, é importante que se decida pela melhor solução, de forma a contribuir para a competitividade da organização num mercado cada vez mais agressivo e com margens de lucro cada vez menores. Sendo assim, torna-se essencial lançar mão de ferramentas analíticas capazes de apoiar adequadamente a decisão, tornando o que é complexo e às vezes intangível, em elementos simples e quantificáveis, tornando todo o processo decisório mais simples, eficiente e eficaz. O presente trabalho tem o propósito de escolher um sistema ERP dentre três opções disponíveis. Metodologicamente, utilizou-se o Analytic Hierarchy Process, onde os critérios foram comparados paritariamente

pela proprietária da empresa em conjunto com sua sócia. Ao final da aplicação do método, chegou-se ao sistema que mais adere às características da empresa e do seu público.

**PALAVRAS-CHAVE:** ERP; Analytic Hierarchy Process (AHP); loja de roupas

**ABSTRACT:** Currently, choosing an Enterprise Resource Planning (ERP) system is one of the most sensitive processes in an organization. As this is a system that will support and integrate the entire business, it is important that the best solution is decided, to contribute to the organization's competitiveness in an increasingly aggressive market with ever smaller margins. Therefore, it is essential to use analytical tools capable of adequately supporting decision making, making what is complex and sometimes intangible, in simple and quantifiable elements, making the entire decision-making process simpler, more efficient and more effective. The present work has the purpose of choosing an ERP system among three available options. Methodologically, we used the Analytic Hierarchy Process, where the criteria were compared in parity by the owner of the company together with its partner. At the end of the application of the method, the system that adheres more to the characteristics of the company and its public is reached.

**KEYWORDS:** Between three and five keywords.



## 1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas de gestão, também chamados de ERPs, remodelam a forma de controlar as tarefas financeiras, fluxos de trabalho, gestão de frotas, gestão de estoques e outros elementos presentes em empresas modernas. Com o avanço da tecnologia, mesmo as pequenas e médias empresas estão atualmente incorporadas em um cenário competitivo e complexo, que exige cada vez mais o gerenciamento de múltiplas variáveis em um alto nível de excelência.

Em um momento onde o país passa por uma grave crise financeira, é importante realizar uma gestão de estoques de alto nível para crescer no mercado e garantir que a empresa não tenha dinheiro parado, garantindo assim melhor eficiência.

Para isso, é preciso se ter o timing exato de quando se deve fazer um novo pedido, por exemplo, e a redução da imprevisibilidade se dá por meio de metodologias como: ponto de equilíbrio; giro de estoque e a delimitação de estoque mínimo, mas a manipulação de tantas variáveis feitas apenas por um humano, é impossível. Por mais capacitada que seja a equipe de compras ou estoque de uma empresa, não há como esta atingir a mesma precisão e rapidez de formulação de índices e estratégias como as alcançadas por um sistema de gerenciamento de estoques.

Um ERP existe justamente para automatizar procedimentos administrativos que demandam muito tempo e estejam sujeitos a falhas. Esse sistema de estoque baseado em Business Intelligence (BI) fortalece imensamente o nível de controle frente ao saldo em estoque monitorado, pois avalia variáveis como; estoque mínimo; Lead Time do fornecedor e consumo médio. O resultado, são pedidos mais enxutos e precisos, com redução dos custos de aquisição e aumento de lucro da empresa, além da facilidade de controle do estoque em si. O processo de decisão de investimento em um aplicativo ERP é de tal forma crítica que poderá comprometer a competitividade de uma organização e a sua sustentabilidade (BABAK E TURAN, 2011).

## 2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A maior preocupação de quem adquire sistemas de grande valor financeiro, que podem pôr em risco a estabilidade e rentabilidade de uma organização, com certeza é optar pela melhor opção. Neste contexto, a compra de um sistema como um Enterprise Resource Planning (ERP) é um exemplo do quanto é importante tomar a decisão correta. Atualmente, este é o software mais usado por empresas modernas, já que com ele é possível gerir toda a organização, nele serão inseridas e organizadas informações cruciais para o funcionamento da empresa.

Os valores em jogo neste processo são muito elevados, sendo não só de investimento, mas também valores competitivos para a organização, por isso quem decide sobre o software a ser comprado, tem a responsabilidade de tomar a melhor decisão. Muitas vezes, a decisão de um projeto é feita de forma empírica, baseada em

experiências de outras pessoas ou por um conjunto de dados que foram determinados fatores chaves para escolha de um fornecedor em detrimento de um outro. Com isso, se observa nitidamente a falta de planejamento quanto ao momento de abrir um procedimento de investimento, para uma ferramenta que será crucial para o trabalho diário da organização.

Quando as decisões se tornam cada vez mais complicadas e o seu resultado poderá levar a uma deficiência às organizações, ou mesmo mudar formas de trabalho e de estar no mercado, é crucial para quem decide, ter uma ferramenta que lhe permita, de uma forma simples e eficaz, decidir pela melhor solução. Um sistema ERP mal escolhido poderá levar a custos elevados de implementação, estudos da Gartner Group revelam que 40% de projetos de implementação, no final, os seus custos deverão ascender em 50% dos custos inicialmente previstos (ZRIMESEK, PHELAN, KARAMOUSIZ E AL, 2001).

A empresa estudada, trata-se de uma loja de roupas multimarcas em expansão para o mercado e-business, onde a proprietária e sócia optaram por um estoque compartilhado, onde é possível dividir o estoque entre a loja física e a loja virtual. A proprietária tem grandes planos para a expansão, porém tem receio de estourar seu limite de caixa com a abertura do negócio para o meio online. A proprietária da loja possui uma ampla carteira de produtos e fornecedores, pretendendo ainda abrir este leque, com a nova expansão.

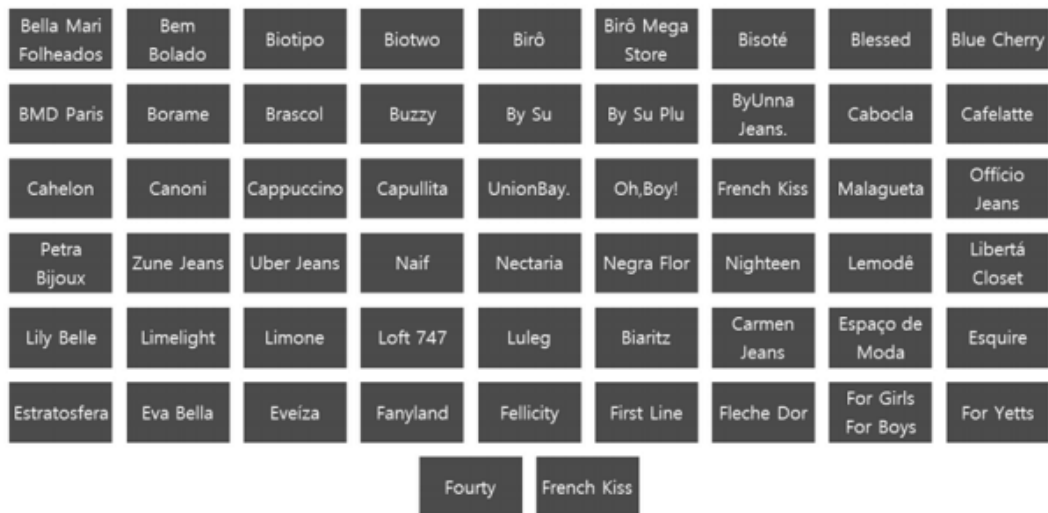


Figura 1- Nova cartela de fornecedores da loja

Fonte: Autores (2017)

A proprietária deseja adquirir um sistema de gestão que a permita gerenciar tanto as suas mercadorias, quanto os seus fornecedores, de forma integrada. Também se deseja localizar os produtos em seu estoque por códigos de barra, ter controle do estoque físico e financeiro, ter sugestões e previsões de compras, ter controle absoluto sobre o movimento do estoque, integração com vendas e contabilidade etc.

A partir dessas informações, foi feito um mapa mental do problema em questão,

para se ter uma melhor visualização dos critérios necessários para a seleção do melhor ERP para o uso da empresa, conforme pode ser observado na Figura 2.



Figura 2- Mapa mental com as condições de contorno do problema

Fonte: Autores (2017)

Com base nos aspectos levados pela proprietária como essenciais para o negócio, será feita a análise dos dados e obtidos os critérios de comparação para a seleção final do sistema a ser adquirido.

### 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Enterprise Resource Planning (ERP)

A origem da aplicação do ERP, se deu pela necessidade de as organizações registrarem os dados necessários ao suporte a atividade produtiva das empresas. Mas no fundo, sabemos que estes sistemas nasceram pela necessidade da consulta de informação armazenada centralmente, a informação gerada é monitorada do início até o final do ciclo de produção. Isto permite integrar toda a informação de uma organização (DEVENPORT,1998).

Segundo Laurindo e Mesquita (2000), no início da década de 1990, em evolução aos sistemas MRP II (Manufacturing Resource Planning), surgiram os sistemas integrados de gestão, denominados ERP. Ainda de acordo com o autor, esse sistema tem sua abrangência expandida para além da função produção, atingindo áreas como a Contábil, Financeira, Comercial, Recursos Humanos, Engenharia, Gerenciamento de Projetos entre outras.

Esta aplicação é vista como uma unidade que armazena dados e centraliza a informação necessária ao Core Business da organização, também produz várias tarefas automáticas. “um fluxo de informações único, contínuo e consistente por toda a empresa sob uma única base de dados” (STAMFORD,2000).

Inicialmente surgiu com a necessidade de gestão de estoques, mas rapidamente passou a abranger, ao longo do tempo, várias valências do funcionamento de qualquer organização tais como (DAVENPORT,1998):

- Gestão Comercial;
- Gestão Financeira;
- Gestão de Estoques;
- Gestão da produção;
- Gestão do ciclo de vida produto;
- Gestão de patrimônio;
- Gestão Recursos Humanos;
- Gestão de projetos.

Com a mudança do mercado e dos próprios empresários, foram sendo adicionados módulos ao ERP, o tornando um sistema muito mais abrangente, e indispensável em cada vez mais organizações.

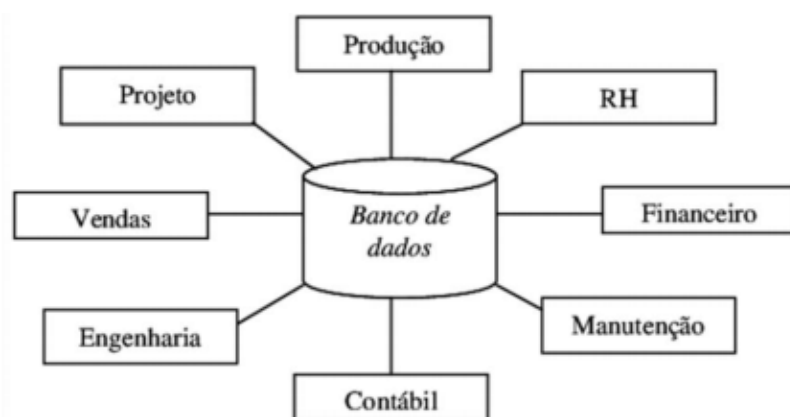


Figura 3 - Visão geral da estrutura de um ERP

Fonte: Autores (2017)

A fase de implantação do sistema ERP é decisiva para a obtenção do sucesso na utilização desse tipo de sistema integrado, no momento da aquisição a empresa deve levar em conta as características do sistema em relação a sua estratégia; deve-se adquirir um sistema que esteja o mais próximo possível da estratégia empresarial (SILVA & FERNANDES, 2005).

Segundo Lima et al (2000), o sucesso na implantação depende do alinhamento entre o software, cultura e objetivos da empresa. O princípio do sistema ERP é simples, contudo sua implantação no contexto empresarial é complexa, levando alguns meses para seu completo funcionamento na empresa.

Laurindo e Mesquita (2000) argumentam que de maneira geral os sistemas ERP apresentam potencial para causar significativos impactos positivos nas empresas. Os autores destacam os seguintes benefícios dos sistemas integrados de gestão para as

empresas:

- Possibilidade de integração e padronização das informações de diferentes unidades geográficas;
- Padronização dos processos das diferentes áreas da empresa;
- Melhor gestão dos processos;
- Possibilidade de integração com fornecedores e clientes.

Os mesmos autores ressaltam em sua pesquisa os riscos que podem surgir na implantação de sistemas integrados ERP, são eles:

- a. Na maioria dos casos a empresa que tem que adequar às características do sistema adotado;
- b. Ao adotar um sistema ERP a empresa está implicitamente adotando uma solução genérica, ao qual possui as melhores práticas de gerenciamento segundo a ótica do fornecedor do sistema;
- c. Existe para as empresas localizadas em várias unidades geográficas, a possibilidade de perda de identidade organizacional, já que os processos ficarão engessados as práticas nativas do sistema, ou no caso de uma customização, nas práticas da matriz.

### **3.2 A Pesquisa Operacional e os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão**

De acordo com Chiavenato (1999, p. 716) a Pesquisa Operacional é “a aplicação de métodos, técnicas e instrumentos científicos a problemas que envolvem as operações de um sistema, de modo a proporcionar, aos que controlam o sistema, soluções ótimas para o problema”.

Um problema de decisão é aquele onde há pelo menos duas alternativas a serem escolhidas com base em múltiplos critérios. Alguns autores afirmam que decidir é posicionar-se em relação ao futuro. Gomes et al (2002, p. 12) definem decisão como “o processo de colher informações, atribuir importância a elas, posteriormente buscar possíveis alternativas de solução e, depois, fazer a escolha entre alternativas”.

Santos et al. (2015) afirmam que a Pesquisa Operacional (PO) lança mão de modelos matemáticos e/ou lógicos, a fim de resolver problemas reais, apresentando um caráter eminentemente multidisciplinar.

Os problemas complexos de tomada de decisão são comuns nas diversas áreas. Assim como em outras áreas, na manutenção desde tempos mais remotos o homem tenta resolvê-los, apoiando-se em abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos, com o objetivo de orientar e validar as suas escolhas (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

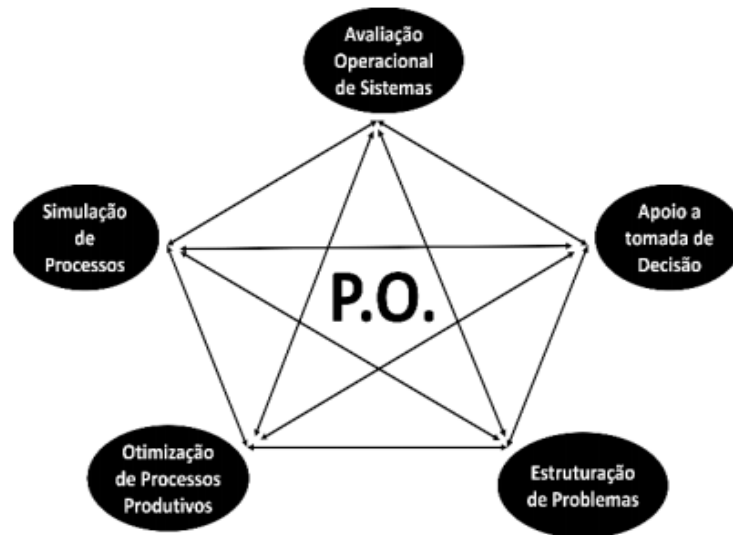


Figura 4 - Áreas da P.O

Fonte: Autores (2017)

Santos et al. (2016) afirmam que a Pesquisa Operacional atua em cinco grandes áreas que se inter-relacionam, conforme apresentado na Figura 4.

Os métodos multicritérios de apoio à decisão (MCDA) utilizados na solução dos problemas buscam estabelecer relações de preferências diante das alternativas de acordo com os critérios analisados (ALMEIDA E COSTA, 2003).

Costa (2002) define os principais elementos da teoria da decisão como sendo:

- Decisor: o responsável por tomar a decisão;
- Alternativa viável: ação que pode ser tomada pelo decisor
- Cenário: estado da natureza projetado para o futuro;
- Critério: propriedade sob a qual a alternativa é avaliada;
- Atributo: valor de desempenho da alternativa em um determinado critério;
- Tabela de pagamentos: valores a serem retornados pelas alternativas.

Os métodos de apoio multicritério podem ser divididos, segundo Vasconcelos et al. (2013) em três grupos:

- Métodos com critério único de síntese: onde as pontuações obtidas cada critério é convertido em uma pontuação única. Admitem compensação, isto é, um baixo desempenho em um critério pode ser compensado por um alto desempenho em outro critério;
- Métodos de sobre classificação: segundo Almeida (2013) apresentam pontuação para cada alternativa, conforme feito pelos métodos com critério único de síntese, mas admitem a possibilidade de incapacidade de realizar a comparação. Também não utilizam avaliações compensatórias;
- Métodos alternativos: que utilizam programação linear multiobjectivo.

A abordagem multicritério de apoio à decisão pode ser caracterizada como um conjunto de métodos que buscam tornar-se claro um problema, no qual as alternativas

são avaliadas por múltiplos critérios, os quais na maioria dos casos são conflitantes (GOMES et al, 2002).

Os métodos de apoio multicritério à decisão têm um lado científico, mas ao mesmo tempo, subjetivo, apresentando consigo a capacidade de agregar todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de permitir a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2004).

### 3.3 Analitic Hierarquic Process (AHP)

O método de análise de decisão, denominado Analitic Hierarquic Process (AHP), se fundamenta na comparação de alternativas de escolhas, duas a duas, onde o decisor realiza pares de comparações relativas a duas alternativas da estrutura de decisão, questionando-se qual elemento satisfaz mais e quanto mais. Por meio do AHP, busca-se responder a seguinte problemática: dado um conjunto de  $n$  alternativas, separar estas em classes equivalentes e fornecer uma pré-ordenação que exprima as posições relativas destas classes à luz de determinados critérios (ABREU & CAMPOS, 2007).

De acordo Sinuany-Stern et al. (2000), o método AHP foi projetado para se possibilitar a avaliação subjetiva de um conjunto de alternativas baseada em múltiplos critérios, organizada em uma estrutura hierárquica. No nível mais alto, os critérios são avaliados e nos níveis mais baixos, as alternativas são avaliadas à luz de cada critério.

Saaty (1980) argumenta que a grande vantagem do AHP é permitir aos seus usuários atribuir pesos relativos para múltiplos atributos, ou múltiplas alternativas para um dado atributo, ao mesmo tempo em que realiza uma comparação par a par entre os mesmos. Isso permite que, mesmo quando dois atributos são incompatíveis, a mente humana possa, ainda assim, reconhecer qual dos atributos é mais importante para o processo decisório.

Segundo lañes e Cunha (2006), o AHP é um método de análise que considera e julga múltiplos atributos baseando-se na ótica subjetiva e naturalmente inconsistente dos seres humanos, e em dados concretos obtidos do mundo real através de medições inexatas.

O Analitic Hierarquic Process (AHP) consiste das seguintes etapas:

- Definir o objetivo (ou objetivos);
- Definir as alternativas;
- Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
- Avaliar as alternativas em relação dos critérios;
- Avaliar a importância relativa de cada critério;
- Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Depois de organizada a hierarquia de decisão, é feita a comparação paritária

entre os critérios de acordo com a Escala Fundamental de Saaty, figura 5.

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Figura 5- Escala Fundamental de Saaty

Fonte: Saaty (1990)

## 4 | PROPOSTA DE SOLUÇÃO

### 4.1 Levantamento de dados

Com o objetivo de auxiliar na decisão de compra de um sistema integrado ERP, com as mais variadas características, utilizou-se o método AHP para analisar três alternativas baseado em cinco critérios. A seguir são descritos os critérios utilizados para a escolha do novo sistema, de acordo com o levantamento de dados feito com a proprietária.

- a. Custo de Aquisição – É o critério utilizado para expressar o investimento real que a empresa terá ao implementar a alternativa escolhida. Além do preço do produto, estão inclusos neste critério, despesas com consultoria, despesas com equipamentos e etc. Ou seja, o custo de aquisição expressa todos os custos pré-implantação do sistema.
- b. Manutenção – É o critério que consiste nos trabalhos feitos pela empresa fornecedora do software escolhido na manutenção do sistema ERP. Esta manutenção garante o pleno funcionamento do sistema, além de possibilitar que a empresa utilize a versão mais atual do sistema integrado. É importante ressaltar, que essa manutenção incorre em custos periódicos para a empresa, ao qual deve ser levado em consideração na escolha.
- c. Customização – A customização consiste nos trabalhos realizados no software, normalmente, antes da implantação do sistema integrado, em que se visa à adequação do mesmo a alguma regra de negócio específica ou crucial para a organização em questão. Este critério será utilizado como uma



medida de quanto será necessário customizar em cada alternativa.

- d. Aderência– A aderência do software aos processos da empresa pode ser vista como um fator de sucesso na implantação do sistema. Quanto mais aderente aos processos chave da empresa menos horas de consultoria especializada será necessário.
- e. Suporte – O suporte aos usuários do sistema é o critério, ao qual se busca quantificar o tempo médio de resolução de dúvidas, os meios (tecnologias) de suporte, nível de resolução dos problemas relatados, enfim busca-se averiguar a qualidade do suporte oferecido.

Após o levantamento dos critérios, foi feito um questionário individual e entregue para a proprietária e sua sócia, a fim de requisitar que as mesmas marcassem suas prioridades em relação aos critérios propostos. Também foram definidos os sistemas integrados que deveriam ser considerados pela empresa, estes sistemas foram analisados separadamente pela proprietária em conjunto com sua sócia. O quadro a seguir apresenta uma descrição sucinta desses sistemas integrados:

Sistema	Descrição
<b>SBG</b>	Software destinado a micro e pequenas empresas e com experiência há 15 anos no mercado, tendo empresas cliente em diversos lugares do mundo.
<b>SAGE X3</b>	Software com reconhecido prestígio no mercado, sendo amplamente genérico e se destina aos mais variados segmentos econômicos.
<b>BLING</b>	Software destinado a micro e pequenas empresas e também a lojas virtuais, com um preço acessível e reconhecido no segmento E-business.

Tabela 1 - Descrição dos sistemas escolhidos a priori

Fonte: Autores (2017)

A Figura 6, a seguir, representa o modelo estruturado de acordo com as opções de ERP e com os critérios elencados.

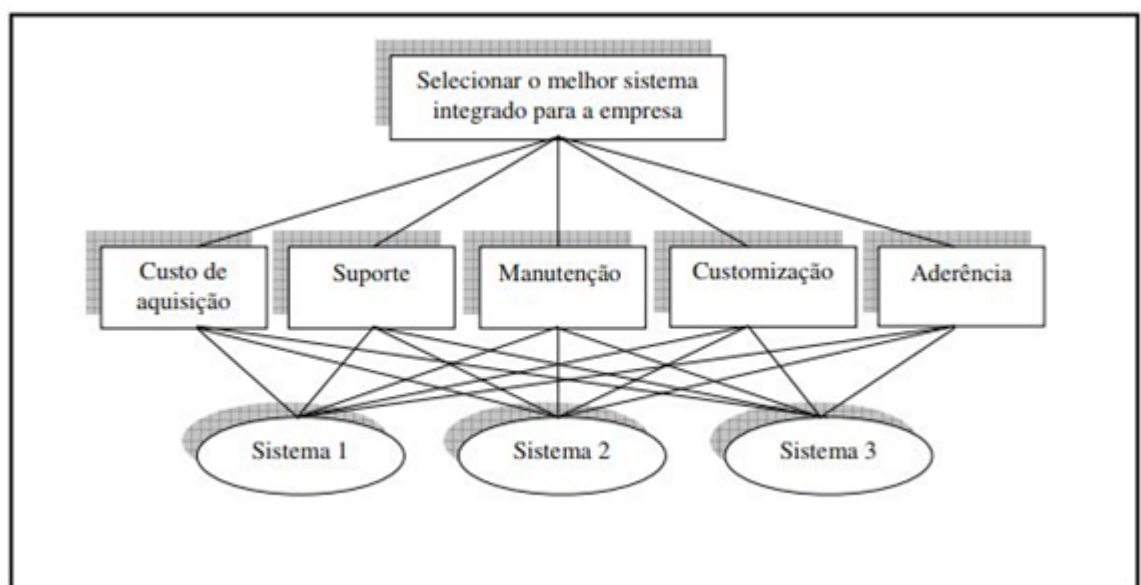


Figura 6 - Hierarquia do problema

Fonte: Autores (2017)

## 4.2 Modelagem matemática - Aplicação do método AHP

Utilizando a matriz de decisão A, o método AHP calcula resultados parciais do conjunto A dentro de cada critério  $v_i(A_j) j = 1, \dots, n$ , denominado valor de impacto da alternativa j em relação à alternativa i, em que esses resultados representam valores numéricos das atribuições dadas pelo decisor a cada comparação de alternativas. Os resultados são normalizados pela expressão  $\sum_{j=1}^n v_i(A_j) = 1, j = 1, \dots, n; i=1$  onde n corresponde ao número de alternativas ou elementos comparados. Cada parte do somatório consiste em  $v_i(A_j) = a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij} j = 1, \dots, n$ . Isso faz com que o vetor de prioridades da alternativa i em relação ao critério  $C_k$  seja  $v_k(A_i) = \sum_{j=1}^n v_i(A_j) j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, n$ . Depois de obtido o vetor de prioridades ou de impacto das alternativas sob cada critério  $C_k$ , continuar-se-á com o nível dos critérios. Nesse caso, adota-se novamente a escala verbal para a classificação par a par dos critérios, que são normalizados pela expressão  $w_i(C_j) = C_{ij} / \sum_{i=1}^m C_{ij}, j = 1, \dots, m$ ; onde m é o número de critérios de um mesmo nível.

O vetor prioridade é dado por  $w_i(C_i) = \sum_{j=1}^m w(C_j) i = 1, \dots, m$ . Finalmente, os valores finais das alternativas são gerados a partir de um processo de agregação, tal que:  $f(A_j) = \sum_{i=1}^n w(C_i) * v_i(A_j) j = 1 = 1, \dots, n; i = 1$ . onde n é o número de alternativas. Dessa forma, determina-se uma ordenação global das alternativas por intermédio de uma função global de valor.

MATRIZ DE DECISÃO					
	Custo de aquisição (<=R\$1000,00)	Manutenção (<=500)	Customização (pelo menos 4 módulos)	Aderência (Totalmente implementado em até 1 mês)	Suporte (Min de 12 hrs de atendimento)
SBG	R\$ 600,00	R\$ 100,00	20	1,00	24
SAGE X3	R\$ 900,00	R\$ 150,00	30	1,50	24
BLING	R\$ 200,00	R\$ 50,00	10	0,50	24
$\Sigma$	R\$ 0,008	R\$ 0,037	60	3,67	72

Tabela 2 - Matriz de decisão do problema

Fonte: Autores (2017)

Resultando na matriz de decisão normalizada, apresentada na Tabela 3, a seguir.

MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA					
	Custo de Aquisição	Manutenção	Customização	Aderência	Suporte
SBG	0,214	0,273	0,333	0,273	0,333
SAGE X3	0,143	0,182	0,500	0,182	0,333
BLING	0,643	0,545	0,167	0,545	0,333
$\Sigma$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabela 3 - Matriz de decisão normalizada

Fonte: Autores (2017)

Com o questionário referente aos critérios de decisão, foi feita uma matriz de ponderação, mostrada na Tabela 4 a seguir.

MATRIZ DE PONDERAÇÃO					
	Custo de aquisição	Manutenção	Customização	Aderência	Suporte
Custo de aquisição	1	5	3	0,333	5
Manutenção	0,2	1	3	3	3
Customização	0,333	0,333	1	2	0,333
Aderência	3	0,333	0,5	1	2
Suporte	0,2	0,333	3	0,5	1
$\Sigma$	4,733	7	10,5	6,833	11,333

Tabela 4 - Matriz de ponderação

Fonte: Autores (2017)

A Tabela 5, a seguir, mostra a matriz de ponderação já normalizada, em conjunto com o seu vetor prioridade.

MATRIZ DE PONDERAÇÃO NORMALIZADA						Vetor Prioridade
	Custo de aquisição	Manutenção	Customização	Aderência	Suporte	
Custo de aquisição	0,211	0,714	0,286	0,049	0,441	0,340
Manutenção	0,042	0,143	0,286	0,439	0,265	0,235
Customização	0,070	0,048	0,095	0,293	0,029	0,107
Aderência	0,634	0,048	0,048	0,146	0,176	0,210
Suporte	0,042	0,048	0,286	0,073	0,088	0,107
$\Sigma$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabela 5 - Matriz de ponderação normalizada e vetor prioridade

Fonte: Autores (2017)

A partir deste resultado, foi feita multiplicação da matriz de decisão normalizada pelo vetor prioridade, conforme a expressão a seguir.

$$V = \begin{Bmatrix} 0,214 & 0,273 & 0,333 & 0,273 & 0,333 \\ 0,143 & 0,182 & 0,500 & 0,182 & 0,333 \\ 0,643 & 0,545 & 0,167 & 0,545 & 0,333 \end{Bmatrix} \times \begin{Bmatrix} 0,340 \\ 0,235 \\ 0,107 \\ 0,210 \\ 0,107 \end{Bmatrix}$$

Resultando na hierarquia apresentada na Tabela 6, a seguir.

HIERARQUIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	
SBG	0,266
SAGE X3	0,219
BLING	0,515

Tabela 6 - Hierarquia das Alternativas

Fonte: Autores (2017)

## 5 | RESULTADOS ALCANÇADOS

Ao final da aplicação do método AHP, chegou-se a classificação das alternativas em:

- 1°. Software BLING
- 2°. Software SBG
- 3°. Software SAGE X3

Assim, a partir da aplicação do método AHP, o sistema BLING foi escolhido para ser o sistema inicial de gerenciamento de estoques da empresa.

## 6 | CONCLUSÃO

O método AHP mostrou-se adequado para a escolha de um sistema ERP que melhor atendesse às necessidades da empresa, corroborando a sua aplicabilidade para uma variedade de problemas decisórios. Com base no conjunto de informações fornecidas pela proprietária e sua sócia foi possível chegar ao sistema BLING como melhor alternativa. O estudo de caso em tela mostra que mesmo empresas de pequeno porte podem fazer uso de modelos analíticos e bem estruturados visando o apoio à tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. O e CAMPOS, R. O método AHP/ABC aplicado em uma indústria de serviços. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Foz do Iguaçu/PR, 2007.

BABAK D. Rouyendegh, TURAN E. Erkan. **ERP System Selection by AHP Method: Case Study from Turkey**. International Journal of Business and Management Studies vol 3, no 1, 2011.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 5ª Edição, Rio de Janeiro: Campus, 1999.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói: UFF, 2002.

DAVENPORT, T.H. **Putting the Enterprise into the Enterprise System**. Harvard Business Review. v.76, n.4, p.121-131, jul./Aug.1998.

GOMES, L. F. M. A.; ARAYA, M. C. G. e CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira, 2004.

IAÑES, M. M. & CUNHA, C. B. **Uma metodologia para a seleção de um provedor logístico**. Revista Produção. v.16, n.3, p. 394-412, 2006.

MARINS, T. C. P. F. A. (2005). **Sistemas ERP: características, custos e tendências**. The Scientific Electronic Library Online.vol.15, n.1. 2005.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York, 1980.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Makrom Books, 1990.

SANTOS, Marcos dos.; QUINTAL, R. S.; PAIXÃO, A. C.; GOMES, C. F. S. **Simulation of Operation of an Integrated Information for Emergency Pre-hospital Care in Rio de Janeiro Municipality**. Elsevier - Procedia Computer Science, v. 55, p. 931-938, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.07.111.

SANTOS, Marcos dos; SILVA, A. M. T.; LIMA, I. C.; DIAS, F. C.; MARTINS, E. R. **Application of AHP Method in the formation of a Performance Indicator for Operational Level Professionals**. International Journal of Development Research, v. 06, issue 12, p. 10610-10615, 2016.

SILVA, S. E e FERNANDES, F. C. F. **Análise da aquisição e implantação de sistemas ERP em empresas de médio porte do ramo calçadista**. Revista Produto & Produção. vol. 8, n. 1, p.03-11, mar. 2005.

SINUANY-STERN, Z.; MEHREZ, A.; HADAD, Y. **An AHP/DEA methodology for ranking decision-making units**. International Transactions in Operational Research. vol. 7, n. 2, p. 109-124, mar. 2000.

STAMFORD, P. P. **ERPs: prepare-se para esta mudança**. Artigo publicado pela KMPress. Disponível em:< <http://www.kmpress.com.br/00set 02.htm>>, jun. 2000. Acesso em: 25.out.2017.

VASCONCELOS, G. R., URTIGA, M. M. B. A., LOPEZ, H. M. L., BARROS JÚNIOR, E. S., ALMEIDA, A. T. **Uma análise sobre o uso de modelos multicritério na seleção de professores em instituições de ensino superior**. Anais do XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2013, Natal, Brasil.

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

### **Deyse Gillyane Gomes Camilo**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Talita Dias Chagas Frazão**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Ricardo Pires de Souza**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Bruno Cesar Linhares**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Adeliane Marques Soares**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

### **Amanda Gomes de Assis**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – Rio Grande do Norte

**RESUMO:** A tomada de decisão de atividades que apresentam multiobjetivos são extremamente difíceis de serem tomadas, assim, ferramentas como a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) vem para auxiliar esse processo e retirar a total responsabilidade sobre um único gestor. Esse tipo de ferramenta pode ser utilizado para organizações de diversos setores, e um que começa a apresentar grande crescimento é o setor da saúde. Dessa forma,

o presente estudo tem como objetivo investigar a utilização do MCDA na área da saúde; para isso realizando uma investigação bibliométrica e verificando conceitos gerais dos artigos e também conceitos voltados para os métodos multicritérios. A partir da análise completa de quarenta e três artigos, foi possível observar a disseminação da metodologia de aplicação multicritério, e também que os métodos mais utilizados são o AHP e a Lógica Fuzzy.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de Decisão Multicritério; Saúde; Bibliometria.

**ABSTRACT:** Decision-making activities with multi-objectives are extremely difficult to take, so tools such as Multicriteria Decision Analysis (MCDA) come to support this process and take full responsibility for a single manager. This type of tool can be used for organizations from several sectors, and one that is showing great growth is the health sector. Thus, the present study aims to investigate the use of MCDA in the health care. For this, conducting a bibliometric investigation and verifying general concepts of the articles and concepts focused on the multicriteria methods. From the complete analysis of forty-three articles, it was possible to observe the dissemination of the multicriteria application methodology, and that the most used methods are the AHP and the Fuzzy Logic.

**KEYWORDS:** Multicriteria Decision Analysis;

## 1 | INTRODUÇÃO

Os processos de tomada de decisão são altamente utilizados pelo ser humano, seja para escolher uma roupa numa loja, até para tomar decisões críticas em seu local de trabalho. Numa organização, os gestores, na maior parte das vezes, são responsáveis por tomar decisões fundamentais para o funcionamento e crescimento da empresa. Para Campos (2011), “a tomada de decisão por um gestor, independente de sua área de atuação, leva em consideração alguns critérios, definidos previamente, objetivando a melhor decisão a ser tomada”.

Diante dessa perspectiva, muitas ferramentas para o auxílio a tomada de decisão vêm surgindo ao longo dos anos, como por exemplo os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA). De acordo com Almeida (2011), as técnicas desenvolvidas pelos estudos de multicritério têm por finalidade auxiliar o tomador de decisão em questões que envolvam a multiobjetividade nos critérios decisórios, em outras palavras, os métodos multicritérios são utilizados para resolver problemas onde os critérios de escolha são conflitantes, o que torna a decisão difícil de ser tomada de forma pessoal e sem auxílio de outras pessoas e ferramentas especializadas.

Antes de selecionar e implementar qualquer método MCDA, é obrigatório definir os limites do problema a ser abordado. Quanto melhor for definido o problema, mais precisos serão os resultados da análise (DIABY; GOEREE, 2014). Outro passo importante é identificar os critérios / níveis contra os quais as alternativas serão comparadas (KEENEY; RAIFFA, 1976). Uma vez que o problema é claramente definido e os critérios para a tomada de decisão são identificados, um modelo de avaliação multi-critérios pode ser selecionado, com base no tipo de problema a tratar (BELTON; STEWART TJ, 2002).

A problemática é classificada em três grandes grupos: A seleção, onde o objetivo é selecionar uma das opções de solução; a ordenação, que visa criar um ranking das opções de soluções; e a classificação, que classifica as soluções em grupos pré-determinados (DIABY; GOEREE, 2014).

Os métodos multicritérios podem ser empregados em qualquer área ou setor de uma organização, desde de empresas mais conhecidas, como as de manufatura, até as empresas de serviços. Dentro do setor de serviços, uma área que está em crescimento é a da saúde, onde podemos observar métodos de análise multicritérios utilizados para a seleção de tratamentos até a seleção do melhor modelo de tratamento de resíduos hospitalares.

Frente a esse crescimento, o presente estudo tem por objetivo responder a seguinte indagação: Como se encontra o cenário de publicações de Análise de Decisão Multicritérios na área da saúde? Para isso, esta pesquisa avalia os artigos e busca

determinar suas características gerais, isso visando atingir o objetivo de descrever o cenário do MCDA na área da saúde, através de uma análise bibliométrica.

Esse estudo foi estruturado em quatro seções, primeiro a introdução, onde foi configurado uma visão geral do problema chave, alcançando os objetivos da pesquisa e a justificativa do problema. Posteriormente, a metodologia do estudo, que elencou os passos de aplicação e análise do estudo. Em seguida foi realizada a análise dos dados encontrados, e avaliado o atual momento do MCDA na saúde, podendo diagnosticar o modelo atual e prever as ações futuras. E por fim, foram realizadas as considerações finais, onde além de uma conclusão sobre o assunto e problemática trabalhados na pesquisa, temos proposições para trabalhos futuros.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Classificação da pesquisa

Para a realização deste estudo, os autores estabeleceram critérios, determinaram métodos e técnicas para análise e interpretação dos artigos investigados. Com o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, descrevendo suas características. Com isso, essa pesquisa pode ser classificada de acordo com sua abordagem como exploratória, documental e descritiva (GIL, 2008).

Na qual, se utiliza o método dedutivo, para deduzir implicações, a partir de leis e teorias (MIGUEL, 2010). Quanto ao delineamento é bibliográfica, porque foi desenvolvida a partir da pesquisa de artigos científicos, com um levantamento de dados feito por amostragem por conveniência, através de instrumentos tecnológicos, como recursos de busca (GIL, 2008).

As bases de periódicos SCOPUS e PUBMED, foram pesquisadas em abril de 2017, para artigos escritos em inglês, espanhol e francês, e as buscas realizadas, não tiveram restrição de datas. A consideração de dois repositórios de dados, busca evitar um possível viés e/ou omissão no conjunto final dos artigos selecionados, que constituirão a base da análise bibliométrica.

O levantamento dos dados se deu através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Para Sampaio e Mancini (2006) a RSL usa os periódicos como fonte de dados, resume as mais importantes estratégias de um tipo de intervenção, pela utilização de métodos sistematizados, esses que proporcionam a oportunidade de replicação da pesquisa.

A RSL foi seguida por uma análise bibliométrica, que segundo Ikpaahindi (1985) é um conjunto de técnicas que buscam quantificar o processo de comunicação escrita e podem ser usadas para identificar os autores e revistas mais produtivas, como também paradigmas científicos. A técnica utilizada foi a estatística descritiva, cujo objetivo é resumir, descrever ou apresentar os dados (COLLIS; HUSSEY, 2005).



## 2.2 Etapas e critérios da pesquisa

A pesquisa sistemática da literatura, se deu pela realização de quatro etapas, apresentadas na Figura 1, obedecendo alguns critérios de inclusão e exclusão, conforme mostra a Quadro 1. As etapas e seus respectivos critérios, são descritas abaixo:

(I) Identificação – busca de termos- Na identificação dos periódicos foram feitas nove combinações com os seis termos escolhidos; a pesquisa foi feita na base de dados Scopus, em títulos, resumos e palavras-chaves, (Quadro 1). Os seis termos escolhidos e suas distintas combinações, se justificaram, pelas diferentes formas aceitas de escreve-los. Após a combinação dos termos para busca nas bases de dados foram identificados 1.852 documentos.

(II) Triagem - seleção de periódicos- Na base de dados Scopus foram selecionados apenas “Article” e na PubMed só artigos com pesquisas relacionadas a “Humans” e com “Full text” disponível. Após a aplicação dos filtros e remoção de duplicatas, 454 artigos foram selecionados para elegibilidade.

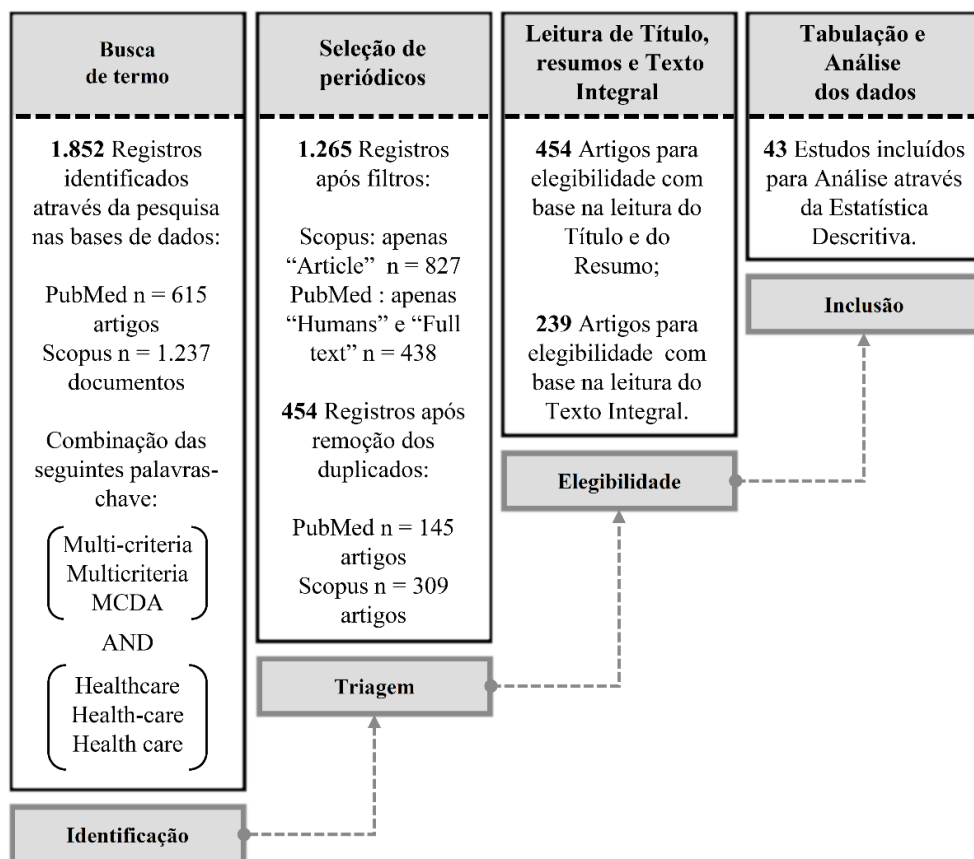


FIGURA 1: Etapas da pesquisa.

Fonte: Criação dos autores, 2017.

(III) Elegibilidade - leitura de título, resumo e texto integral - A etapa de elegibilidade foi composta por duas fases. Na primeira, os títulos e resumos foram lidos, obedecendo a um critério de inclusão (Quadro 1). Caso respondessem ao pré-requisito, seria

efetuado o *download* do texto completo. Para a segunda fase, que foi a leitura dos artigos, pré-selecionados e baixados, foram determinados um critério de inclusão e dois de exclusão (Quadro 1). Pois, mesmo que a pesquisa obedecesse ao critério de inclusão, caso não fizesse uso de um método MCDA e/ou o modelo multicritério apresentado, não fosse aplicado a um caso real, não seria incluída. A leitura de título e resumo elegeu 239 artigos, para a leitura do texto completo, que incluiu 43 estudos para análise de suas variáveis.

Critérios gerais da pesquisa	Critério de inclusão para texto completo	Critério de inclusão para título e resumo	Critérios de Exclusão
<b>Data de publicação:</b> Sem restrição.  <b>Tipo de Publicação:</b> Artigo de revista indexada.  <b>Idiomas:</b> Inglês, espanhol e francês.	O MCDA estar estruturado conforme os seguintes passos, propostos por Diaby e Goeree, (2014): 1. Definir os limites do problema a ser abordado; 2. Identificar os critérios contra os quais as alternativas serão comparadas; 3. Selecionar e aplicar um modelo de avaliação multicritérios, com base no tipo de problema a tratar.	Ser uma intervenção na saúde auxiliada pelo MCDA;	Não aplicar o método MCDA e/ou não aplicar o modelo MCDA proposto, a um caso real.
		<b>Combinações específicas – Bases de Dados (Scopus - título, resumo, palavras-chaves)</b>	
		Multi-criteria and Healthcare Multi-criteria and Health-care Multi-criteria and Health care Multicriteria and Healthcare Multicriteria and Health-care Multicriteria and Health care MCDA and Health-care MCDA and Healthcare MCDA and Health care	

QUADRO 1: Critérios da Pesquisa.

Fonte: Adaptado de Diaby e Goeree, 2014; Sacchi *et al.* 2015.

(IV) Inclusão – tabulação e análise dos dados - Durante a leitura dos 43 artigos incluídos, as variáveis “Autor, Ano, País, Revista, Problemática e Método” foram organizadas em uma planilha eletrônica para tabulação e análise.

O Apêndice A, apresenta a lista completa dos 43 estudos incluídos e analisados neste artigo de revisão. Tanto na Figura 2c, quanto no Apêndice A, foi escrito apenas o primeiro autor, acrescido de *et al.* para melhor adequação a formatação.

### 3 | ANÁLISE DOS DADOS

O objetivo dessa análise é conhecer o comportamento das publicações da Análise de Decisão Multicritério na área da saúde, mais especificamente aquelas que conseguiram corresponder aos critérios metodológicos anteriormente explicitados.

Para isso, o estudo busca conhecer a evolução deste tipo de pesquisa, os principais autores e periódicos, além de determinar a problemática mais significativa e o método mais utilizado nos artigos.

O primeiro ponto a ser analisado foi o desenvolvimento deste tipo de pesquisa. E como pode ser observado na Figura 2a, há um crescimento significativo na área de pesquisa, principalmente nos últimos dois anos, onde é possível ver um crescimento de 100% no número de publicações do ano de 2015 à 2016.

Esse crescimento demonstra a importância desse tipo de estudo, e de como os pesquisadores estão se atendo cada vez mais a questão metodológica da análise multicritério, seguindo em suas pesquisas uma estruturação básica que apoia e define de forma mais acadêmica e profissional esse tipo de estudo.

Um outro ponto a ser analisado é a origem dos artigos, nesse caso, a identificação foi feita por meio de duas considerações: Primeiro, identificando o local de desenvolvimento da pesquisa do artigo, em caso de não haver esta informação, o segundo ponto foi usado, que consistia em identificar a nacionalidade do primeiro autor da obra.

Como é possível ver na Figura 2b, não há nenhuma oligarquia literária quando se trata do país de publicação.

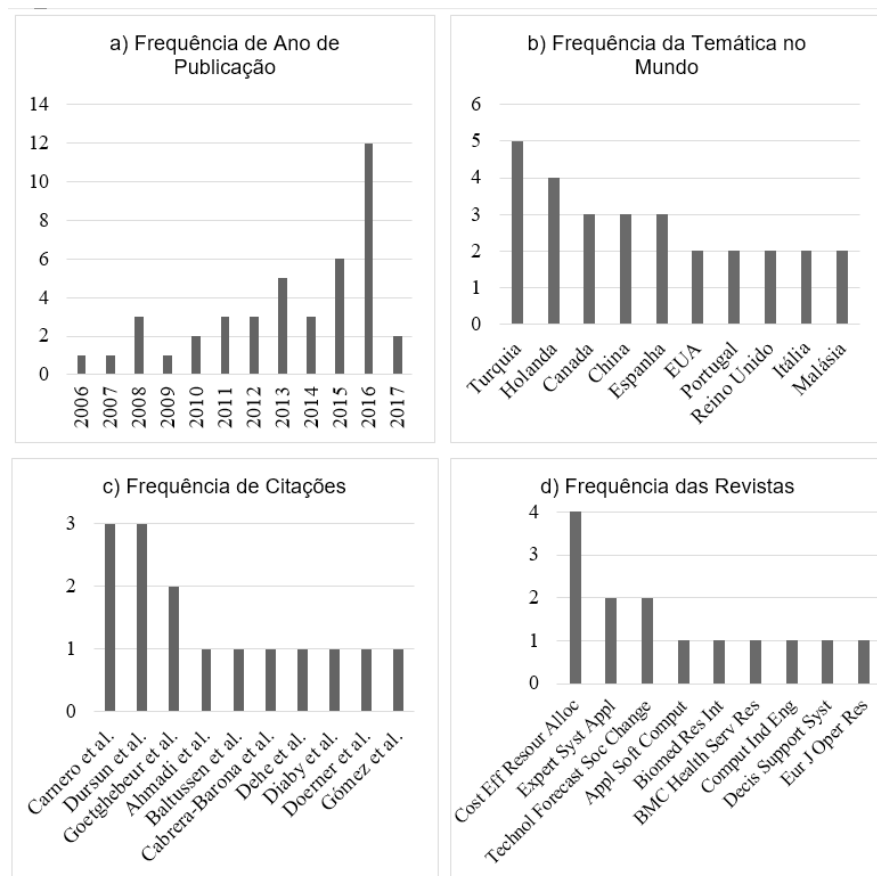


FIGURA 2: Frequência de publicação, de temática, de citação e de revistas por ano

Fonte: Criação dos autores (2017).

A Turquia se encontra em primeiro com um total de cinco obras Dursun (2010), Dursun (2011a), Dursun (2011b), Ozkan (2013), Kulak (2015); mas é seguida pela Holanda com quatro Baltussen (2006), Til (2012), Venhorst (2012), Graaf (2015); e Canada Goetghebeur (2008), Goetghebeur (2010), Hongoh (2016); China Liu (2013), Paolucci (2015), Wang (2016); e Espanha Rebolledo (2016), Carnero (2016), Carnero (2017) com três casa uma.

Sobre a mesma temática é possível interpretar a partir do APÊNDICE A, que vinte e cinco publicaram artigos se baseando na metodologia de pesquisa estruturado, o que demonstra que essa estruturação não está concentrada em um único local, favorecendo a crescente no número de publicações totais, como visto na Figura 2a.

Com relação aos principais autores, foi considerado apenas o nome do primeiro autor da obra para a análise dos dados, isso para facilitar a análise final dos dados.

Sendo assim, na Figura 2c temos a relação e análise dos autores, onde se observa apenas três autores com mais de uma publicação na área. Isso sinaliza que não há predominância de nenhum pesquisador, o que também sinaliza a disseminação da metodologia base da análise. E que da mesma forma que a Figura 1, indica o aumento no número de artigos.

No Figura 2d, encontra-se a avaliação dos periódicos, onde temos um leve destaque para o *Cost Effectiveness and Resource Allocation* Goetghebeur (2010), Til (2012), Venhorst (2012) e Baltussen (2016) com quatro artigos, e o *Expert Systems with Applications* Padma (2011), e Dehe (2013) e o *Technological Forecasting & Social Change* Kim (2016), e Nilashi (2016) com duas obras cada um, as demais revistas apresentaram apenas uma publicação cada.

Após os dados gerais dos artigos, passamos a uma avaliação mais criteriosa das obras, embasando na metodologia de pesquisa e aplicação dos métodos multicritérios que foram definidos anteriormente.

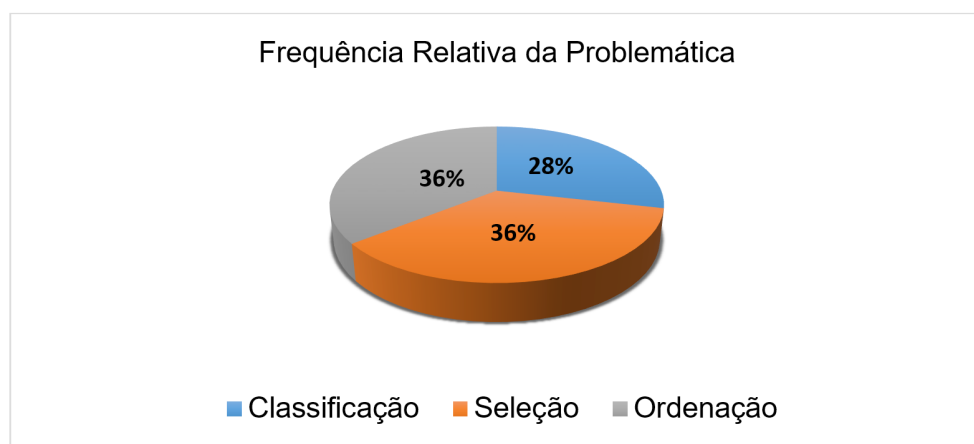


FIGURA 3: Tipo de problemática

Fonte: Criação dos autores (2017).

Um dos primeiros pontos a se analisar no sentido metodológico de aplicação dos métodos multicritérios, e o tipo de problemática que a pesquisa se encaixa. Sobre

isso, no Figura 3 é possível observar a distribuição das obras, onde 36% delas são de Ordenação, outros 36% de Seleção, e 28% de Classificação.

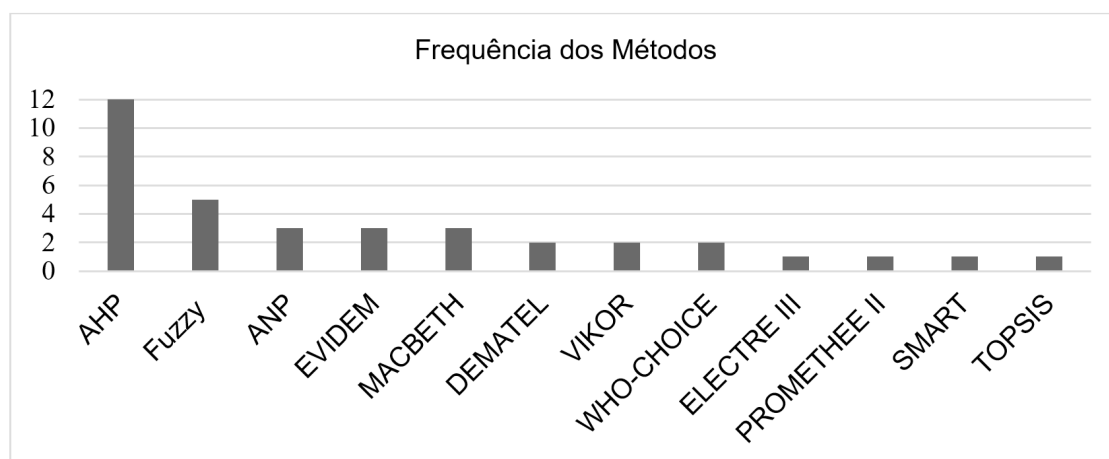


FIGURA 4: Principais métodos multicritérios

Fonte: Criação dos autores (2017).

Essa distribuição indica que não há uma problemática mais trabalhada, os autores estão cada vez mais atingindo novos desafios, e resolvendo novos problemas com a ajuda dos multicritérios.

Com relação aos métodos de análise multicritérios utilizados nas pesquisas, temos o Figura 4, onde é possível observar uma significativa dominância da utilização do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com um total de doze pesquisas, o mais próximo dele é a Lógica Fuzzy com cinco publicações, mas esse é um modelo muitas vezes utilizado de forma combinada.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa se propôs a apresentar como está o panorama de publicações no campo de estudo sobre Análise de Decisão Multicritérios na área da saúde. A partir da determinação de um plano sistemático de investigação, portanto, replicável, descreveu-se o panorama no que concerne aos aspectos gerais de origem e tendência dos estudos, assim como aos aspectos específicos de métodos e problemáticas utilizados.

A análise dos aspectos gerais permite deduzir, pela estatística descritiva utilizada, que a linha de pesquisa de Análise de Decisão Multicritério na área de saúde trata-se de uma fronteira ainda pouco explorada e com tendência e perspectiva de crescimento. Não possuindo estudos com concentração geográfica no mundo e nem de autores, trata-se de uma área de muitas oportunidades de atuação, disseminação do conhecimento e, conseqüentemente, de contribuição para ganhos incrementais de eficiência e produtividade nas sociedades. Em um mundo onde a realidade dos negócios é de forte competitividade e de crescente complexidade dos fluxos de dados

e informações, a Análise de Decisão Multicritério pode aportar organização, eficácia e rapidez exigidos nos dias atuais.

Quanto aos aspectos específicos, verificou-se pela análise da problemática que essa área de conhecimento possui abrangente aplicação e, assim, tem sido utilizada, ou seja, sem centralização. Uma maior disseminação dos estudos nessa área poderá indicar no futuro quais são as problemáticas mais relevantes e que requerem aprofundar os esforços de pesquisa. Entretanto, quanto aos métodos, ficou notável a dominância do AHP e lógica Fuzzy.

Nesse sentido, é evidente que há um vasto campo de exploração de pesquisa para a Análise de Decisão Multicritério na área de saúde e com grande capacidade de produzir efeitos efetivos na melhoria competitiva do setor. Ainda, sugere-se como futuras pesquisas a verificação das vantagens e desvantagens comparativas entre os diversos métodos a fim de justificar a dominância do AHP e lógica Fuzzy.

## REFERENCIAS

AHMADI, H.; NILASHI, M.; IBRAHIM, O. **Organizational decision to adopt hospital information system: An empirical investigation in the case of Malaysian public hospitals.** International Journal of Medical Informatics, v. 84, n. 3, p. 166–188, 2015.

ALMEIDA, A. T. de, **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**, 2ª. Edição, Editora Universitária, Recife, 2011.

BALTUSSEN, R.; NIESSEN, L. **Priority Setting of Health Interventions : The Need for Multi-Criteria Decision Analysis Cost Effectiveness and Resource decision analysis.** Cost Effectiveness and Resource Allocation, v. 4, n. 14, p. 1–9, 2006.

BELTON V, STEWART TJ. **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach.** Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA 2002.

CABRERA-BARONA, P. et al. **A multi-criteria spatial deprivation index to support health inequality analyses.** International journal of health geographics, v. 14, p. 11, 2015.

CAMPOS, M. B. A. **Métodos multicritérios que envolvem a tomada de decisão.** Monografia Especialização em Matemática. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 51 pag. 2011.

CARNERO, M. C. **Fuzzy Multicriteria Model for Selection of Vibration Technology.** Shock and Vibration, 2016.

CARNERO, M. C.; GÓMEZ, A. **A multicriteria decision making approach applied to improving maintenance policies in healthcare organizations.** Medical Informatics and Decision Making 2016.

CARNERO, M. C.; GÓMEZ, A. **A Multicriteria Model for Optimization of Maintenance in Thermal Energy Production Systems in Hospitals : A Case Study in a Spanish Hospital.** Sustainability, v. 9, n. 493, p. 1–41, 2017.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

DEHE, B.; BAMFORD, D. **Expert Systems with Applications Development , test and comparison**

**of two Multiple Criteria Decision Analysis ( MCDA ) models : A case of healthcare infrastructure location.** Expert Systems with Applications journal, v. 42, p. 6717–6727, 2015.

DIABY, V.; GOEREE, R. **How to use multi-criteria decision analysis methods for reimbursement decision-making in healthcare: a step-by-step guide.** Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research, v. 14, n. 1, p. 81–99, 2014.

DIABY, V.; LACHAINE, J. **PRM12 An Application of a Proposed Framework for Formulary Listing in Low- income Countries : Case of Côte d Ivoire.** Applied Health Economics and Health Policy, v. 9, n. 6, p. 389–402, 2015.

DIABY, V.; SANOGO, V.; MOUSSA, K. R. **ELICIT: An alternative imprecise weight elicitation technique for use in multi-criteria decision analysis for healthcare.** Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res, v. 16, n. 1, p. 141–147, 2016.

DOERNER, K.; FOCKE, A.; GUTJAHR, W. J. **Multicriteria tour planning for mobile healthcare facilities in a developing country.** European Journal of Operational Research, v. 179, p. 1078–1096, 2007.

DURSun M.A ERTUGRUL KARSAK, E. K. M. A. **Fuzzy group decision making for the assessment of health-care waste disposal alternatives in Istanbul.** World Academy of Science, Engineering and Technology, v. 66, n. 6, p. 1012–1016, 2010.

DURSun, M.; ERTUGRUL KARSAK, E.; KARADAYI, M. A. **A Fuzzy MCDM approach for health-care waste management.** World Academy of Science, Engineering and Technology, v. 73, n. 1, p. 858–864, 2011.

DURSun, M.; KARSAK, E. E.; KARADAYI, M. A. **Assessment of health-care waste treatment alternatives using fuzzy multi-criteria decision making approaches.** Resources, Conservation and Recycling, v. 57, p. 98–107, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2008.

GOETGHEBEUR, M. M. et al. **Combining multicriteria decision analysis , ethics and health technology assessment : applying the EVIDEM decisionmaking framework to growth hormone for Turner syndrome patients.** Cost Effectiveness and Resource Allocation, v. 8, n. 4, p. 1–15, 2010.

GOETGHEBEUR, M. M. et al. **Evidence and Value : Impact on DEcisionMaking – the EVIDEM framework and potential applications.** BMC Health Services Research, v. 8, n. 270, p. 1–16, 2008.

GÓMEZ, A.; CARNERO, M. C. **Decision Support System for maintenance policy optimization in medicinal gases subsystems.** IFAC-PapersOnLine, v. 49, n. 28, p. 268–273, 2016.

GRAAF, G.; POSTMUS, D.; BUSKENS, E. **Using Multicriteria Decision Analysis to Support Research Priority Setting in Biomedical Translational Research Projects.** BioMed Research International, v. 2015, 2015.

HILLERMAN, T. et al. **Applying clustering and AHP methods for evaluating suspect healthcare claims.** Journal of Computational Science, v. 19, p. 97–111, 2017.

HONGOH, V. et al. **Multi-stakeholder decision aid for improved prioritization of the public health impact of climate sensitive infectious diseases.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 13, n. 4, 2016.

HUSSAIN, M.; MALIK, M.; AL NEYADI, H. S. **AHP framework to assist lean deployment in Abu Dhabi public healthcare delivery system.** Business Process Management Journal, v. 22, n. 3, p. 546–565, 2016.

IKPAAHINDI, L. **An Overview of Bibliometrics: its Measurements, Laws and their Applications.** Libri, v. 35, nº 2, p.163-177, 1985.

ISOKE, J. B.; VAN DIJK, M. P. **Factors influencing selection of drinking water technologies for urban informal settlements in Kampala.** Water and Environment Journal, p. 1–18, 2013.

JEHU-APPIAH, C. et al. **Balancing Equity and Efficiency in Health Priorities in Ghana : The Use of Multicriteria Decision Analysis.** International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research (ISPOR), v. 11, n. 7, p. 1081–1087, 2008.

KEENEY RL, RAIFFA H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs.** Wiley, NY, USA, 1976.

KIM, S.; KIM, S. **A multi-criteria approach toward discovering killer IoT application in Korea.** Technological Forecasting & Social Change, v. 102, p. 143–155, 2016.

KULAK, O.; GOREN, H. G.; SUPCILLER, A. A. **A new multi criteria decision making approach for medical imaging systems considering risk factors.** Applied Soft Computing, v. 35, p. 931–941, 2015.

KUZMA, J. et al. **An Integrated Approach to Oversight Assessment for Emerging Technologies.** Risk Analysis, v. 28, n. 5, p. 1197–1219, 2008.

LIU, H.; WU, J.; LI, P. **Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision making method.** Waste Management, v. 33, p. 2744–2751, 2013.

LU, M. T.; LIN, S. W.; TZENG, G. H. **Improving RFID adoption in Taiwan’s healthcare industry based on a DEMATEL technique with a hybrid MCDM model.** Decision Support Systems, v. 56, n. 1, p. 259–269, 2013.

MEROLA, E.; PADOANO, E.; ZULIANI, V. **An analytic hierarchy process-based framework to support outsourcing decisions on hospital sterilisation.** International Journal of Business and Systems Research, v. 10, n. 2–4, p. 142–161, 2016.

MIGUEL, P. A.C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOHAMADI, E. et al. **Coverage Decision-Making for Orthopedics Interventions in the Health Transformation Program in Iran: A Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA).** Shiraz E-Med J, v. 17, n. 2, 2016.

NILASHI, M. et al. **Technological Forecasting & Social Change Determining the importance of Hospital Information System adoption factors using Fuzzy Analytic Network Process (ANP).** Technological Forecasting & Social Change, v. 111, p. 244–264, 2016.

ODDERSHEDE, A. M. et al. **Decision Model for Assessing Healthcare ICT Support Implications : User Perception Healthcare ICT Network System Evaluation Approach The Analytic Hierarchy Process Methodology.** Internacional Journal of Computers Communications & Control, v. 9, n. 5, p. 593–601, 2014.

OZKAN, A. **Evaluation of healthcare waste treatment/disposal alternatives by using multi-criteria decision-making techniques.** Waste Management & Research, v. 31, n. 2, p. 141–149, 2013.

PADMA, T.; BALASUBRAMANIE, P. **A fuzzy analytic hierarchy processing decision support system to analyze occupational menace forecasting the spawning of shoulder and neck pain.** Expert Systems with Applications, v. 38, n. 12, p. 15303–15309, 2011.



- PAOLUCCI, F. et al. **Equity and efficiency preferences of health policy makers in China – a stated preference analysis.** *Health Policy and Planning*, v. 30, p. 1059–1066, 2015.
- REBOLLEDO, B. et al. **Assessment of groundwater vulnerability to nitrates from agricultural sources using a GIS-compatible logic multicriteria model.** *Journal of Environmental Management*, v. 171, p. 70–80, 2016.
- REDDY, B. P. et al. **Prioritising public health guidance topics in the National Institute for Health and Care Excellence using the Analytic Hierarchy Process.** *Public Health*, v. 128, n. 10, p. 896–903, 2014.
- RITROVATO, M. et al. **Decision-Oriented Health Technology Assessment : One Step Forward in Supporting the Decision-Making Process in Hospitals.** *Value in Health*, v. 18, p. 505–511, 2015.
- SACCHI, L. et al. **Personalization and Patient Involvement in Decision Support Systems: Current Trends.** *Yearbook of medical informatics*, v. 10, n. 1, p. 106–118, 2015.
- SAMPAIO, R.; MANCINI, M. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83–89, 2007.
- SINUANY-STERM, Z.; MEHREZ, A.; TAL, A. **THE LOCATION OF A HOSPITAL IN A RURAL REGION : THE CASE OF THE NEGEV.** *Location Science*, v. 3, n. 4, p. 255–266, 1995.
- ŠUŠTERŠIČ, O. et al. **Evaluating Patients’ Health Using a Hierarchical Multi-Attribute Decision Model.** *Journal of International Medical Research*, v. 37, n. 5, p. 1646–1654, 2009.
- TIL, J. VAN et al. **Does technique matter: a pilot study exploring weighting techniques for a multi-criteria decision support framework.** *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 12, n. 22, p. 1–11, 2014.
- VENHORST, K. et al. **Multi-criteria decision analysis of breast cancer control in low- and middle-income countries : development of a rating tool for policy makers.** *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 12, n. 13, p. 1–10, 2014.
- WAHLSTER, P. et al. **Exploring the perspectives and preferences for HTA across German healthcare stakeholders using a multi-criteria assessment of a pulmonary heart sensor as a case study.** *Health Research Policy and Systems* (2015), p. 13–24, 2015.
- WANG, L. E.; LIU, H. C.; QUAN, M. Y. **Evaluating the risk of failure modes with a hybrid MCDM model under interval-valued intuitionistic fuzzy environments.** *Computers and Industrial Engineering*, v. 102, p. 175–185, 2016.

## APÊNDICE A - LISTA COMPLETA DOS 43 ESTUDOS INCLUÍDOS.

Autor	Ano	País	Revista	Problemática	Método
Baltussen <i>et al.</i>	2006	Holanda	Cost Effectiveness and Resource Allocation	Classificação	WHO-CHOICE
Goetghebeur <i>et al.</i>	2008	Canada	BMC Health Services Research	Classificação	EVIDEM
Doerner <i>et al.</i>	2007	Senegal	European Journal of Operational Research	Seleção	P-ACO; VEGA e MOGA

Jehu-Appiah <i>et al.</i>	2008	Gana	International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research	Ordenação	WHO-CHOICE
Goetghebeur <i>et al.</i>	2010	Canada	Cost Effectiveness and Resource Allocation	Classificação	EVIDEM
Liu <i>et al.</i>	2013	China	Waste Management	Ordenação	VIKOR
Kuzma <i>et al.</i>	2008	EUA	Risk Analysis	Classificação	IOA
Rebolledo <i>et al.</i>	2016	Espanha	Journal of Environmental Management	Classificação	AHP
Kim <i>et al.</i>	2016	Coreia	Technological Forecasting & Social Change	Ordenação	AHP
Ritrovato <i>et al.</i>	2015	Itália	Value in Health	Seleção	AHP
Isoke <i>et al.</i>	2014	Uganda	Water and Environment Journal	Seleção	AHP
Paolucci <i>et al.</i>	2015	China	Health Policy and Planning	Ordenação	DCE
Carnero <i>et al.</i>	2017	Espanha	Sustainability	Seleção	MACBETH e cadeias de Markov
Diaby <i>et al.</i>	2016	EUA	Expert Ver Pharmacoecon Outcomes Res.	Seleção	ELICIT
Stern <i>et al.</i>	2014	Israel	Location Science	Seleção	AHP
Dehe <i>et al.</i>	2013	Reino Unido	Expert Systems with Applications	Seleção	ER e AHP
Wahlster <i>et al.</i>	2013	Alemanha	Health Research Policy and Systems	Classificação	EVIDEM
Til <i>et al.</i>	2012	Holanda	Cost Effectiveness and Resource Allocation	Ordenação	Cinco pontos, SMART, AHP, BWS e RA
Venhorst <i>et al.</i>	2012	Holanda	Cost Effectiveness and Resource Allocation	Classificação	Delphi
Oddershede <i>et al.</i>	2012	Chile	Internacional Journal of Computers Communications & Control	Classificação	OPENET
Šušteršič <i>et al.</i>	2009	Eslovênia	Journal of International Medical Research	Classificação	Decision Expert (DEX)
Dursun <i>et al.</i>	2010	Turquia	World Academy of Science	Ordenação	Fuzzy
Dursun <i>et al.</i>	2011	Turquia	World Academy of Science, Engineering and Technology	Ordenação	TOPSIS e Fuzzy
Dursun <i>et al.</i>	2011	Turquia	Resources, Conservation and Recycling	Seleção	FUZZY

Padma <i>et al.</i>	2011	Índia	Expert Systems with Applications	Ordenação	FUZZY
Lu <i>et al.</i>	2013	Taiwan	Decision Support Systems	Seleção	DEMATEL, DANP e VIKOR
Özkan	2013	Turquia	Waste Management & Research	Ordenação	ANP e ELECTRE III
Reddy <i>et al.</i>	2014	Reino Unido	Public Health	Ordenação	AHP
Ahmadi <i>et al.</i>	2015	Malásia	International journal of medical informatics	Classificação	ANP e DEMATEL
Cabre <i>et al.</i>	2015	Equador	International Journal of Health Geographics	Classificação	AHP
Graaf <i>et al.</i>	2015	Holanda	BioMed Research International	Ordenação	SMAA-O
Kulak <i>et al.</i>	2015	Turquia	Applied Soft Computing	Seleção	Fuzzy
Carnero <i>et al.</i>	2016	Espanha	Medical Informatics and Decision Making	Seleção	MACBETH
Carnero	2016	Portugal	Shock and Vibration	Seleção	FAHP
Gómez <i>et al.</i>	2016	Portugal	ScienceDirect	Seleção	MACBETH
Hongoh <i>et al.</i>	2016	Canada	International Journal of Environmental Research and Public Health	Ordenação	PROMETHEE II
Hussain <i>et al.</i>	2016	Emirados Árabes	Business Process Management Journal	Seleção	AHP
Merola <i>et al.</i>	2016	Itália	International Journal of Business and Systems Research	Ordenação	AHP
Mohamadi <i>et al.</i>	2016	Irã	Shiraz E-Med J	Seleção	SAW
Nilashi <i>et al.</i>	2016	Malásia	Technological Forecasting & Social Change	Classificação	ANP
Wang <i>et al.</i>	2016	China	Computers & Industrial Engineering	Ordenação	IVIFS, COPRAS e IFSSs
Hillerman <i>et al.</i>	2017	Brasil	Journal of Computational Science	Ordenação	AHP, algoritmo K-means e algoritmos PAM

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

### Marcio Pereira Basilio

Universidade Federal Fluminense, Departamento  
de Engenharia de Produção  
Niterói – Rio de Janeiro

### Valdecy Pereira

Universidade Federal Fluminense, Departamento  
de Engenharia de Produção  
Niterói – Rio de Janeiro

**RESUMO:** O presente estudo objetivou efetuar comparação entre o método utilizado no sistema integrado de metas para criação de ranking entre as Áreas Integradas de Segurança Pública – AISP, para premiação por produtividade no Estado do Rio de Janeiro e o método de apoio multicritério à tomada de decisão para um problema relativo a ordenação denominado *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* – PROMETHEE II. Utilizou-se para efeitos desta pesquisa, a base de dados da 12ª. edição do sistema integrado de metas relativo premiação do 1º. semestre de 2015. Esta edição foi escolhida, pois foi a que apresentou maior número de AISPs empatadas em primeiro lugar, tendo o custo de todo processo ter sido superior a 50% do somatório das onze edições anteriores. O resultado do método PROMETHEE II, apresentou alteração de posição em mais de 85% da classificação total, com alterações significativas entre as quatro

primeiras posições, com alteração de posições e inclusões neste conjunto, sem empates e com classificações distintas. Aplicação do PROMETHEE II efetuou a eliminação do efeito compensatório dos critérios que afetam os cálculos baseados em médias, proporcionou um *ranking* mais bem definido, sem empates nas primeiras posições o que impactaria programa de premiação com redução significativa do custo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Multicritério; PROMETHEE II; segurança pública; MCDA.

**ABSTRACT:** The present study aimed to compare the method used in the integrated system of goals to create ranking among the Integrated Public Security Areas - AISP, for productivity awards in the State of Rio de Janeiro and the method of multicriteria support for decision making A problem related to the ordination called Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations - PROMETHEE. It was used for the purposes of this research, the database of the 12th. Edition of the integrated system of goals relative to the 1st prize. Semester of 2015. This edition was chosen because it was the one that presented the highest number of AISPs tied in the first place, and the cost of the whole process was more than 50% of the sum of the eleven previous editions. The result of the PROMETHEE

II method presented a change of position in more than 85% of the total classification, with significant changes between the first four positions, with changes in positions and inclusions in this group, without ties and with different classifications. Application of PROMETHE II eliminated the compensatory effect of the criteria that affect the calculations based on averages, provided a better defined ranking, without draws in the first positions which would impact the awards program with a significant cost reduction.

**KEYWORDS:** Multicriteria; PROMETHEE II; public security; MCDA.

## 1 | INTRODUÇÃO

Tomar decisão é uma importante parte das atividades humanas. Algumas decisões são relativamente simples, outras complexas (BEHZADIAN, OTAGHSARA, *et al.*, 2012). Conforme asseveram (GOVINDAN e JEPSEN, 2016; KAHRAMAN, ONAR e OZTAYSI, 2015) que algumas decisões podem ser relativamente simples, especialmente se as consequências de uma má decisão são pequenas, enquanto outras podem ser muito complexas e ter significantes consequências. Os problemas de decisão na vida real, em geral, envolvem vários pontos de vista conflitantes, que devem ser levados em conta conjuntamente, a fim de chegar a uma decisão razoável (WANG, JING, *et al.*, 2009). Na prática, os *Multiple criteria decision analysis* (MCDA) preocupam-se com a avaliação de uma coleção de possíveis cursos de ação ou opções e esta avaliação poderia ser na forma de selecionar uma opção mais preferida, classificar as opções do melhor para o pior (DURBACH e STEWART, 2012). Nas práticas diárias, a aplicação do MCDA é crucial na alocação de recursos finitos entre alternativas e interesses concorrentes (DIABY, CAMPBELL e GOEREE, 2013). Pesquisadores se referem aos métodos multicritério de formas diferentes. Frequentemente referem-se como *multi-criteria decision making* ou *multiple criteria decision making* (MCDM). Alguns autores preferem o nome *multiple criteria decision aid* ou *aiding* (MCDA), conforme (ROY, 1990). Outros usam a designação de *multiple criteria decision analysis*.

Segundo (VINCKE, 1992), um problema com enfoque multicritério se apresenta em circunstâncias em que diversas alternativas deverão ser avaliadas considerando um grupo predefinido de critérios com foco nos seguintes objetivos: (i) seleção de alternativas com melhor desempenho, (ii) classificação das alternativas em classes estabelecidas previamente e (iii) ordenação das alternativas.

Há vários métodos de decisão multicritério, conforme afirma (ALMEIDA e COSTA, 2002). Roy (1985) classifica os métodos para AMD em três grandes grupos, conforme apresentado na Tabela 1.

Grupo	Descrição	Métodos
<b>Critério único de síntese</b>	Métodos que buscam agregar o desempenho alcançado por cada alternativa em um único critério para tomar a decisão.	- Teoria da utilidade multiatributo ( <i>Multi-attribute Utility – MAUT</i> ) - SMART - MACBETH - Método de análise hierárquica ( <i>Analytic Hierarchy Process – AHP</i> )
<b>Métodos de sobreclassificação</b>	Métodos que utilizam a comparação de duas alternativas através da preferência dos decisores envolvidos para a tomada de decisão	ELECTRE ( <i>Elimination Et Choix Traduisant La Réalité</i> ) - PROMETHEE ( <i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i> )
<b>Métodos interativos</b>	Métodos que utilizam ferramentas computacionais para realização das etapas de cálculo sucedidas por interações com os decisores para redução das alternativas viáveis antes de dar início à próxima etapa	- Múltiplos

Tabela 1 Representação dos métodos AMD

Fonte: Elaborado pelos autores com base em (ALMEIDA, 2013); (BRANS, VINCKE e MARECHAL, 1986); (COSTA, 2016); (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2002); (KIKER, BRIDGES, et al., 2005); e (ROY, 1985).

MCDA é um sub-campo da pesquisa operacional ou da ciência da administração (GOVINDAN e JEPSEN, 2016). A análise de decisão multi-critérios (MCDA) é uma abordagem de guarda-chuva que foi aplicada a uma ampla gama de situações de gerenciamento de recursos naturais (BELTON e STEWART, 2002; MENDOZA e MARTINS, 2006). A mais de meio século tem atraído atenção de pesquisadores para resolução de uma diversidade de problemas em vários campos do conhecimento. Inúmeras publicações têm relatado suas aplicações nos mais diversos métodos que compreendem seu universo de estudo, por exemplo: (BAHADORI, ABOLGHASEMI e TEYMOURZADEH, 2017; ZYOUD e FUCHS-HANUSCH, 2017; MOUSAVI-NASAB e SOTOUDEH-ANVARI, 2017; WAN, XU e DONG, 2017). Conforme (GOVINDAN e JEPSEN, 2016; MENDOZA e MARTINS, 2006) várias classificações de métodos MCDA tem sido propostas na literatura. Basicamente, os métodos de MCDA são categorizados em dois grupos em função do tamanho do conjunto de alternativas em consideração. Os métodos *multi-attribute decision making* (MADM) são designados para problemas com um conjunto pré-definido de alternativas, enquanto que os métodos *multi-objective decision making* (MODM) são para problemas onde o conjunto de alternativas não são pré-definidos (HWANG e YOON, 1981). Deve-se notar que os termos MADM e MCDA (ou MCDM) às vezes são usados indistintamente na literatura, o que pode levar a alguma confusão, conforme asseveram (TRIANAPHYLLOU, 2000; GOVINDAN e JEPSEN, 2016). Outra classificação para os métodos MCDA foi proposta por (BELTON e STEWART, 2002) que os subdividem em três tipos: (1) Modelos de medição de valor:

os escores numéricos são construídos para representar o grau em que uma opção de decisão pode ser preferida a outra. Tais pontuações são desenvolvidas inicialmente para cada critério individual, e são então sintetizadas para efetuar a agregação em modelos de preferência de nível superior; (2) Modelos de objetivo, aspiração ou nível de referência: níveis de realização desejáveis ou satisfatórios são estabelecidos para cada critério. O processo procura então descobrir opções que são mais próximas de atingir esses objetivos ou aspirações desejáveis; e (3) Modelos *Outrankings*: os cursos alternativos de ação são comparados em paridade, inicialmente em termos de cada critério, a fim de identificar em que medida uma preferência para um sobre o outro pode ser afirmada. Ao agregar essa informação de preferência em todos os critérios relevantes, o modelo busca estabelecer a força da evidência favorecendo a seleção de uma alternativa em relação a outra (MENDOZA e MARTINS, 2006).

De acordo com (ZYOUUD e FUCHS-HANUSCH, 2017) entre os métodos MCDA mais comuns, existem: *analytic hierarchy process* (AHP), *multi-attribute utility theory* (MAUT), *simple multi-attribute rating technique* (SMART), *fuzzy set theory* (FST), *data envelopment analysis* (DEA), *case-based reasoning* (CBR), *simple additive weighting* (SAW), *elimination et choice translating reality* (ELECTRE), *technique for order of preference by similarity to ideal solution* (TOPSIS), *preference ranking and organization method for enrichment evaluation* (PROMETHEE), e *goal programming* (GP) (VELASQUEZ e HESTER, 2013; WANG, ZHU e WANG, 2016).

A literatura aponta que os métodos MCDA são empregados e aplicados para resolver problemas de decisão em muitas áreas, como registram (BEHZADIAN, KAZEMZADEH, *et al.*, 2010; GOVINDAN e JEPSEN, 2016; ZYOUUD e FUCHS-HANUSCH, 2017): tecnologias de informação e comunicação; Inteligência em negócios; Análise de risco ambiental; Avaliação de impacto ambiental e ciências ambientais; Gestão de recursos hídricos; gestão de resíduos sólidos; sensoriamento remoto; Gestão de risco de inundação; Avaliação da tecnologia da saúde; Cuidados em Saúde; Transporte; Pesquisa em nanotecnologia; Alterações do Clima; energia; Política e leis internacionais; Recursos humanos; gestão financeira; Desempenho e benchmarking; Seleção de fornecedores; E-commerce e m-commerce; Agricultura e horticultura; Engenharia química e bioquímica; Avaliação de software; Seleção de rede; Política, social e educação; Sistemas de HVAC e gerenciamento de energia de pequena escala; segurança pública.

A presente pesquisa abordará aplicação de método MCDA para realizar comparação entre os resultados apresentados pelo Sistema Integrado de Metas – SIM, tendo como base os resultados da décima segunda edição da premiação das Áreas Integradas de Segurança Pública que alcançaram as metas estipuladas para os Indicadores Estratégicos de Criminalidade no estado do Rio de Janeiro. O estudo busca resposta para a seguinte questão: Como reduzir o efeito compensatório dos critérios de classificação das Áreas Integradas de Segurança Pública que alcançaram as metas estabelecidas para os indicadores de criminalidade?

Como objetivo principal a pesquisa pretende reduzir o efeito compensatório dos critérios de classificação das Áreas Integradas de Segurança Pública que alcançaram as metas estabelecidas para os indicadores de criminalidade, por meio da aplicação de método MCDA. Como objetivo secundário a pesquisa buscará conhecer as dimensões em que os métodos de MCDA são aplicados no campo de segurança pública; classificar o problema estudo e identificar o método de MCDA que se aplica a situação estudada.

O método de MCDA utilizado foi o PROMETHEE II, com base na classificação de (BELTON e STEWART, 2002), o problema apresenta característica que o enquadram no Tipo 3 “modelos de *outranking*”, o que corresponde ao terceiro tipo de (Roy & Bouyssou, 1993): (P.γ). A aplicação do método resultou em alteração de posição, em mais de 85% da classificação total, o que evidencia a eliminação do efeito compensatório dos critérios de classificação. Ocorreram alterações significativas entre as quatro primeiras posições, com alteração de posições e inclusões neste conjunto, sem empates e com classificações distintas.

## 2 | REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Aplicação de MCDA na segurança pública

A pesquisa bibliográfica, a qual buscou conhecer a evolução da aplicação de métodos de MCDA no âmbito da segurança pública apontou para a existência de poucos estudos no âmbito da segurança pública que se utilize de técnicas multicritério para apoio a decisão. Para a seleção dos artigos, executou-se uma pesquisa avançada, utilizando expressões booleanas (“AND” e “OR”), que permitem a combinação de palavras-chave no sentido de aproximar-se o melhor possível de um termo específico. O processo de busca foi baseado na utilização das expressões mais comuns associadas ao termo “auxílio multicritério à decisão” e também com base nos termos inerentes a segurança pública, como *safety* e *security*. Desta forma, utilizou-se as seguintes palavras chaves: ((secur\* OR safe\*) AND (multicriteria OR “multi criteria” OR “multi-criteria” OR “multiple criteria” OR mcda OR mcdm)). Pois após a utilização de palavras-chaves específicas ao tema e com restrições ao tipo de documentos como a *article* e *review* e ao tipo de veículo de publicação a *journals*, aplicadas as bases de dados, retornaram 965 registros no *Scopus* e 788 registros na base *ISI Web of Science*. Em cada base, filtros foram aplicados a esses conjuntos de registros, objetivando identificar artigos que contemplassem o uso de métodos multicritério no contexto da área de segurança pública. A aplicação das palavras-chaves e do filtro de pesquisa possibilitaram a redução do conjunto de registros aos potencialmente aderentes ao tema da pesquisa. A análise do resumo desses registros resultou em um conjunto com 19 artigos, sendo 19 da base *Scopus* e 6 em comum com a base *Web of Science*. Os artigos foram classificados em cinco dimensões: Segurança Pública; Prevenção



de Crime; Segurança Militar; Seguranças das Estradas e Segurança Marítima. Após essa classificação foi também identificados os métodos utilizados e a identificação dos principais autores, descrito na Tabela 2. Em relação aos métodos identificados cabe asseverar que considerou também técnicas diversa ao MCDA, mas relacionada a Pesquisa Operacional, que foram incluídas no estudo.

Dimensão	Método(s)	Autor(es)
Segurança Pública	Graph Algorithms; Dominance-Based Rough Set Approach (DRSA); Linear Programming; MUSA system; Data Mining; Multiple-objective programming; Gathering and scattering model analysis.	(LIBERATORE e CAMACHO-COLLADOS, 2016); (FIGUEIREDO e MOTA, 2016); (CAMACHO-COLLADOS, LIBERATORE e ANGULO, 2015); (BOURANTA, SISKOS e TSOTSOLAS, 2015); (GUPTA, CHANDRA e GUPTA, 2014); (ADLER, HAKKERT, <i>et al.</i> , 2014); (CHEN, LEE, <i>et al.</i> , 2013); (AMENDOLA, WEISBURD, <i>et al.</i> , 2011); (LAU, HO, <i>et al.</i> , 2010).
Prevenção de crime	Multi-criteria analysis – MCA; Linear Programming; POSAC analyses /PCA/MDS; MCDM; SMARTS multicriteria method.	(DE PAULA SILVA, MOURA, <i>et al.</i> , 2015); (CAMACHO-COLLADOS e LIBERATORE, 2015); (DI BELLA, CORSI e LEPORATTI, 2014) ; (MANNING, SMITH e HOMEL, 2013); (GURGEL e MOTA, 2013); (NUTT, KING e PHILLIPS, 2010)
Segurança Militar	AHP.	(KARVETSKI, LAMBERT e LINKOVZ, 2011)
Segurança das Estradas	TOPSIS-RSR; AHP.	(CHEN, WANG e DENG, 2015); (MIGNELLI, POMARICO e PEILA, 2013)
Segurança Marítima	DEMATEL/ANP.	(ÖZDEMIR e GÜNEROĞLU, 2015)

Tabela 2 Relação das dimensões de segurança e o MCDA

Fonte: Adaptado pelos autores como base em (BASILIO, PEREIRA e COSTA, 2017)

## 2.2 Contexto e Realidade Investigada

A presente pesquisa foi desenvolvida no contexto brasileiro, no Estado do Rio de Janeiro, no qual a ações estratégicas de segurança publica são elaboradas pela Secretaria de Estado de Segurança (SESEG) e executada pelos organismos polícias: civil e militar.

Neste contexto, para fins de esclarecer o cenário no qual a pesquisa esta imersa, inicia-se o relato a partir de 25 de junho de 2009, quando o Governo editou dois decretos: o Decreto n. 41.930 (2009) e o Decreto n. 41.931 (2009). O primeiro dividiu o Estado do Rio de Janeiro em Regiões Integradas de Segurança Pública (RISPs). As RISPs, por sua vez, foram concebidas com a intensão de unir taticamente

as Polícias Civil e Militar, tal argumento está explicitado no bojo do Art. 2º do Decreto n. 41.930(2009), onde se afirma que a consolidação das RISPs ocorreria no âmbito dos Departamentos de Polícia de Área (DPAs) e dos Comandos de Policiamento de Área (CPAs). As RISPs são subdivididas em Áreas Integradas de Segurança Pública (AISPs), conforme ilustrado na Tabela 3.

As AISPs atuam no campo tático-operacional, e são compostas pela delimitação física correspondente a um Batalhão de Polícia Militar (BPM), o qual de forma integrada pode possuir no mínimo duas e no máximo seis circunscrições de Delegacias Policiais (DP). No Art. 4º, o Decreto n.41.930 (2009) subdivide as AISPs em Circunscrições Integradas de Segurança Pública (CISPs). Estruturalmente, as CISPs, sempre que possível, possuem área de atuação correspondente a de uma companhia integrada da polícia militar e de uma DP. O Decreto n. 41.930(2009) redefiniu cenário da segurança pública, estruturando-o para a criação e implantação do sistema de gerenciamento de metas estabelecido pelo Decreto n. 41.931(2009).

	REGIÃO	PMERJ	PCERJ	AISP
1ª.	Capital(Zona sul, Centro e parte da	1º CPA	1º DPA	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 16, 17,
RISP	Norte)			19, 22,23.
2ª.	Capital(Zona Oeste e parte da	2º CPA	2º DPA	9, 14, 18, 27, 31, 39.
RISP	Norte)			
3ª.	Baixada Fluminense	3º CPA	3º DPA	15, 20, 21, 24, 34, 40.
RISP				
4ª.	Niterói e Região dos Lagos	4º CPA	4º DPA	7, 12, 25, 35.
RISP				
5ª.	Sul Fluminense	5º CPA	5º DPA	10, 28, 33, 37.
RISP				
6ª.	Norte Fluminense	6º CPA	6º DPA	8, 29, 32, 36.
RISP				
7ª.	Região Serrana	7º CPA	7º DPA	11, 26, 30, 38.
RISP				

Tabela 3 Divisão do Território do Estado do Rio de Janeiro

Fonte: Elaborado em consonância com o anexo único do Decreto n. 41.930 (2009).

O Decreto n. 41.931 (2009) definiu as bases para implantação do Sistema Integrado de Metas (SIM). Neste instrumento foram definidos os Indicadores Estratégicos de Criminalidade (IECs) que possuiriam metas a serem alcançadas. No Art. 3º foi criada a Comissão de Acompanhamento e Avaliação do Sistema. Esta comissão é composta pelos atores de primeiro escalão do Governo. Este Decreto instituiu que as metas seriam editadas anualmente por meio de um contrato de gestão a serem alcançadas pelas Polícias Civil e Militar. O objeto que norteou nossa pesquisa foi descrito no Art. 6º, que trata sobre as regras para o monitoramento do cumprimento das metas,

critérios para pagamento de premiação, periodicidade e valores a serem pagos em cada modalidade. O Decreto n. 41.931 (2009), sofreu varias alterações no que se refere a periodicidade e valores das premiações, conforme ilustrado na Tabela 4.

Tipo de Prêmio	Órgão	Critério	Exercício Financeiro				
			2009	2011	2013	2016	
produtividade e	RISP	Primeiro lugar na classificação final	1500	3000	6000	13500	3000
	AISP	Três primeiros colocados	1000	2000	4000	9000	2000
	RISP	Atingir todas as metas semestrais e fixadas	500	1000	2000	3000	700
	AISP				1500	350	
	SARPM/COIMPL/PCERJ e NUPESP/ISP	Cumprir suas atribuições com antecedência mínima de 24h antes do prazo limite	-	-	2000	4500	1000
						5395 a	1199 a
						4500	1000
						3000	700
						1500	350
Inovação	Unidades especializadas PCERJ ou Especiais PMERJ	Premiar as melhores iniciativas e resultados no controle da criminalidade	1500	3000	6000	13500	3000
			1000	2000	4000	9000	2000
			750	1500	3000	6750	1500

Tabela 4 Evolução da premiação do SIM

Fonte: Elaborado pelos autores

### 2.3 Diagnostico da situação problema e oportunidade

A situação problema envolve o alto custo resultante do programa de premiação por produtividade. No 1º semestre de 2015, a 12ª. edição do SIM teve um custo 165 milhões de reais. O SIM teve inicio com periodicidade anual, passando a partir do Decreto n. 42.243 (2010) a ser semestral, com premiações individuais a cada policial que estivesse lotado no organismo policial contemplado. Segundo informações obtidas no site da SESEG no período de 2009 a 2015 foram realizada 11 edições do SIM, sendo

premiados 107.365 agentes, totalizando um custo 339 milhões de reais. Considerando que de 2009 a 2015 os valores para os primeiros colocados variaram de 3 a 13,5 mil reais, isto é uma fator que impacta o custo do programa, contudo a decisão pertence ao tomador de decisão. Mas, na 12<sup>a</sup>. Edição do SIM, a premiação de 1<sup>o</sup> colocado foi concedida a onze AISPs, o que fez com que o custo médio de cada edição que passasse de 30,8 milhões para 165 milhões.

A situação descrita apresenta a oportunidade de pesquisa de metodologias que apresentem ao tomador de decisões alternativas para aperfeiçoamento do sistema vigente e que proporcione a redução de custos.

### 3 | METODOLOGIA

Para efeito de comparação entre os métodos de apoio multicritério a decisão e os resultados da premiação por metas das AISPs ocorrido no Estado do Rio de Janeiro, no primeiro semestre de 2015 com a utilização da metodologia do sistema integrado de metas (SIM) referentes ao primeiro semestre de 2015, será utilizado o método desenvolvido por (BRANS, VINCKE e MARECHAL, 1986) denominado *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* – (PROMETHEE). Nas seções 3.1 e 3.2 serão descritas os métodos que foram utilizados nesta pesquisa.

#### 3.1 Descrição do método sim

Por meio da Resolução n. 305 (2010), foi instituído o Sistema de Metas e Acompanhamento de Resultados (SIM). A Resolução definiu prazos, rotinas e critérios de desempate para feitos da premiação, ilustrada na Tabela 3. A metodologia do SIM objetiva acompanhar o cumprimento das metas estabelecidas pelos contratos de gestão. Os dados resultantes do acompanhamento do SIM, são utilizados para calcular o Índice de Desempenho de Metas (IDM), que permite estabelecer o ranking das AISPs, para fins de premiação.

O IDM é calculado da seguinte forma:

$$IDM = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{\sum_{i=1}^n \pi_i} \quad [1]$$

Onde,

{1, ..., n} Conjunto de índice dos fatores alcançados pelas AISPs;

$\beta_i$  Valor do i-ésimo fator alcançado pela AISP;

$\pi_i$  Valor do peso i-ésimo indicador estratégico.

Para calcular o IDM devem ser realizadas as seguintes etapas:

1. Cálculo do Percentual de Cumprimento de Meta – PCM:

$$PCM = \left[ \frac{(meta-real)}{meta} \right] + 100\% \quad [2]$$

## 2. Cálculo do Fator Alcançado $-\beta$

$$\beta = \text{PCM} * \pi \quad [3]$$

O resultado do PCM de cada um dos indicadores é multiplicado pelo seu peso, transformando-se no fator alcançado para o referido indicador. O Decreto n. 41.931 (2009) definiu os indicadores que compõem o SIM e estipulou seus respectivos pesos ( $\pi$ ), conforme Tabela 5:

Critério	Peso( $\pi$ )
Letalidade Violenta	3
Roubo de Veículos	2
Roubos de Rua	1

Tabela 5 Relação de critérios e peso

Fonte: Construído com base no Decreto n. 41.931 (2009).

Para as AISPs com metas iguais ou inferiores a 20 por semestre, o cálculo do IDM obedece ao seguinte critério:

$$\text{PCM baixa casuística} = [(\text{meta-real}) * 5\%] * 100 + 100\% \quad [4]$$

A base de dados utilizada para a comparação foi construída a partir dos dados divulgados no site do Instituto de Segurança Pública ([www.isp.rj.gov.br](http://www.isp.rj.gov.br)) para o período considerado, onde contém as metas estipuladas para cada critério de cada AISP e os valores reais obtidos, conforme Tabela 6:

LETALIDADE VIOLENTA				ROUBO DE VEÍCULOS			ROUBOS DE RUA			IDM
PESO										
3				2			1			
AISP	META	REAL	%	META	REAL	%	META	REAL	%	%
2	6	8	90,0	100	104	96	902	1113	77	89,77
3	46	64	61	775	860	89	2650	2854	92	75,50
4	14	52	-90,0	278	265	105	1767	1766	100	6,57
5	22	30	64	99	85	114	2072	2267	91	84,96
6	10	10	100,0	167	118	120	974	930	105	107,42
7	222	163	120	2168	1515	120	4832	3618	120	120,00
8	150	101	120	174	100	120	637	435	120	120,00
9	129	115	111	1419	1739	77	2970	3878	69	92,81
10	20	23	85,0	9	7	110,0	30	18	120	99,17
11	22	17	120	13	6	120,0	67	32	120	120,00
12	86	113	69	791	749	105	2236	2209	101	86,27
14	116	109	106	1039	1049	99	2469	2530	98	102,28
15	283	193	120	2017	1298	120	3895	2701	120	120,00
16	48	55	85	471	602	72	1343	1558	84	80,77

17	20	20	100,0	78	69	112	289	301	96	103,15
18	47	60	72	216	246	86	966	1009	96	80,80
19	7	2	120,0	19	6	120,0	585	276	120	120,00
20	340	283	117	2151	1756	118	4514	4162	108	115,80
21	126	88	120	1056	826	120	1947	1547	120	120,00
22	44	24	120	180	154	114	846	723	115	117,24
23	13	9	120,0	58	33	120	789	561	120	120,00
24	161	163	99	286	374	69	583	776	67	83,61
25	158	130	118	187	129	120	521	469	110	117,19
26	12	10	110,0	8	11	85,0	29	43	52	91,95
27	102	85	117	225	171	120	382	601	43	105,45
28	57	31	120	33	17	120	178	54	120	120,00
29	11	6	120,0	5	2	115,0	3	3	100,0	115,00
30	15	7	120,0	18	6	120,0	25	12	120	120,00
31	27	26	104	312	256	118	859	824	104	108,51
32	114	92	119	363	234	120	816	636	120	119,65
33	69	62	110	56	47	116	156	115	120	113,76
34	64	45	120	166	121	120	329	280	115	119,15
35	53	42	120	251	176	120	557	406	120	120,00
36	17	10	120,0	11	2	120,0	10	1	120,0	120,00
37	19	16	115,0	5	5	100,0	25	18	120	110,83
38	14	9	120,0	6	3	115,0	11	7	120,0	118,33
39	136	122	110	472	397	116	1015	904	111	112,27
40	31	29	106	217	396	18	376	940	-50	50,73
41	128	129	99	1343	1690	74,2	2628	3417	70	85,99

Tabela 6 Valores aplicados ao SIM no 1º semestre de 2015

Fonte: Adaptado do Site do [www.isp.rj.gov.br](http://www.isp.rj.gov.br)

### 3.2 Descrição do método Promethee II

Existem inúmeros métodos de decisão multicritério para serem aplicados de acordo com o problema estudado. O problema em questão requer um método que classifique a melhor alternativa dentre outros possíveis, estabelecendo um *ranking*. O método PROMETHEE, desenvolvido por (BRANS e VINCKE, 1985), é um método de fácil aplicação e compreensão, conforme relatos de (VINCKE, 1992), (ROY e BOUYSSOU, 1993), (ALMEIDA e COSTA, 2002) e (FONTANA e CAVALCANTE, 2014).

Em seu trabalho de pesquisa (BEHZADIAN, KAZEMZADEH, *et al.*, 2010) analisaram 217 documentos identificando estudos que aplicaram o método PROMETHEE. Como resultado, os autores identificaram que o método foi aplicado para a tomada de decisão nos seguintes campos de estudo: Gestão do meio ambiente; Gestão dos recursos hídricos; Gestão Comercial e Financeira; Química; Logística e Transporte; Fabricação e montagem; Gestão de energia e trabalho social.

O método PROMETHEE II (BRANS e VINCKE, 1985) consiste em construir uma relação de superação dos valores (VINCKE, 1992), (BOUYSSOU e ROY, 1993). Como (FONTANA e CAVALCANTE, 2014), o PROMETHEE II é um método de classificação relativamente simples em concepção e aplicação em comparação com outros métodos

de análise multicritérios. É bem adequado para questões em que um número finito de alternativas deve ser classificado considerando os critérios. Este método se destaca porque procura envolver conceitos e parâmetros que tenham alguma interpretação física ou econômica que seja facilmente entendida pelo tomador de decisão.

O método referenciado é implementado em cinco etapas. No primeiro passo, há uma função que mostra a preferência do tomador de decisão em relação a alternativa “a” em comparação com a alternativa “b”. O segundo passo consiste na comparação das alternativas sugeridas aos pares para a função de preferência, conforme ilustrado na Tabela 7. Como um terceiro passo, os resultados dessa comparação são apresentados em uma matriz de avaliação com valores estimados de cada critério para cada alternativa. A classificação é realizada em duas etapas finais: uma classificação parcial na quarta etapa e, em seguida, uma classificação total de alternativas no quinto passo, conforme representado na Figura 1. O princípio básico do PROMETHEE II é baseado em uma comparação par a par de alternativas ao longo de cada critério reconhecido (BEHZADIAN, KAZEMZADEH, *et al.*, 2010). As alternativas são avaliadas de acordo com diferentes critérios, que devem ser maximizados ou minimizados. A implementação do PROMETHEE II requer dois tipos adicionais de informação: o peso (MACHARIS, SPRINGAEL, *et al.*, 2004) e a função de preferência (BRANS, VINCKE e MARECHAL, 1986).

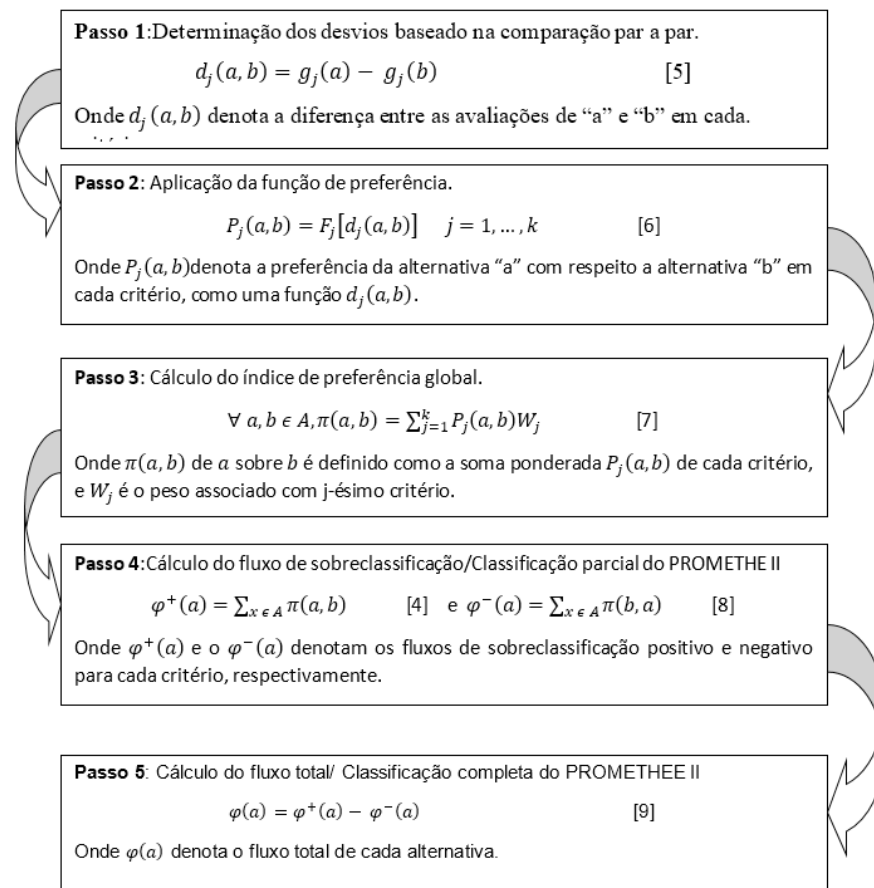


Figura 1: Procedimento passo a passo para PROMETHEE II.

Fonte: Preparado pelos autores com base em (BEHZADIAN, KAZEMZADEH, *et al.*, 2010); (CRISTOBAL, 2013);

Tipo	Funções	Restrição	Valor da função	Parâmetros
I	Critério Usual	$d > 0$	$P(a,b) = 1$	-
		$d \leq 0$	$P(a,b) = 0$	
II	Quase-critério	$d > q$	$P(a,b) = 1$	$q$
		$d \leq q$	$P(a,b) = 0$	
III	Preferência Linear	$-p \leq d \leq p$	$P(a,b) = d/p$	$p$
		$d > p$	$P(a,b) = 1$	
		$d < -p$		
IV	Pseudocritério	$ d  > p$	$P(a,b) = 1$	$p, q$
		$q <  d  \leq p$	$P(a,b) = 1/2$	
		$ d  \leq q$	$P(a,b) = 0$	
V	Preferência linear e Área de indiferença	$ d  > p$	$P(a,b) = 1$	$p, q$
		$q <  d  \leq p$	$P(a,b) = ( d  - q)/(p - q)$	
		$ d  \leq q$	$P(a,b) = 0$	
VI	Critério Gaussiano	$d > 0$	$P(a,b) = 1 - \exp\{-d^2/2\sigma^2\}$	$\sigma$
		$d \leq 0$		

Tabela 7 Funções de preferência do PROMETHEE

Fonte: Elaborado pelos autores com base em (BRANS, VINCKE e MARECHAL, 1986).

#### 4 | APLICAÇÃO NUMÉRICA

De acordo com Brans *et al* (1986), embora seja mais fácil para o tomador de decisão para alcançar a resolução do problema, utilizando a ordenação completa, a ordenação parcial contém informações mais realista. Esta informação, especialmente no que diz respeito a incomparabilidade, muitas vezes pode ser útil para a tomada de decisão.

Para efeitos deste trabalho os critérios escolhidos para avaliação das alternativas foram os mesmos utilizados no Sistema Integrado de Metas – SIM, e sendo denominados conforme a Tabela 8.

$f_i$	Critérios	Objetivo	Unidade	Escala	Preferência	Parâmetros	Pesos
$f_1$	Letalidade violenta	Maximizar	Escalar	R	Usual	-	3
$f_2$	Roubo de Veículos	Maximizar	Escalar	R	Usual	-	2
$f_3$	Roubo de Rua	Maximizar	Escalar	R	Usual	-	1

Tabela 8 Parâmetros relacionados aos critérios

Fonte: Elaborada pelos autores

As ações do conjunto K são as Áreas Integradas de Segurança Pública – AISP, sendo descrita desta forma:

$K = \{AISP02; AISP03; AISP04; AISP05; AISP06; AISP07; AISP08; AISP09; AISP10; AISP11; AISP12; AISP14; AISP15; AISP16; AISP17; AISP18; AISP19; AISP20; AISP21; AISP22; AISP;23; AISP24; AISP25; AISP26; AISP27; AISP28; AISP29; AISP30;$



AISP31; AISP32; AISP33; AISP34; AISP35; AISP36; AISP37; AISP38; AISP39; AISP40; AISP41}, para tornar a observação mais objetiva, utilizaremos a seguinte notação:

$$K' = \{K'_1, \dots, K'_{39}\}.$$

As avaliações  $f(a)$  de cada ação  $aK$  foram obtidos a partir dos valores produzidos pela sistemática de cálculo utilizado na apuração do SIM referente ao 1º semestre de 2015. Os valores relativos a cada critério em relação as alternativas postas, que representam as AISPs, foram construídas a partir dos valores das Metas e resultados Reais, constantes na Tabela 6, oriunda da aplicação da formula [2] utilizado pelo SIM foram adotados para aplicação do método PROMETHEE II e estão apresentadas na Tabela 9.

$K'$	$f_1$	$f_2$	$f_3$
	3	2	1
$K'_1$	67	96	77
$K'_2$	61	89	92
$K'_3$	-171	105	100
$K'_4$	64	114	91
$K'_5$	100	129	105
$K'_6$	127	130	125
$K'_7$	133	143	132
$K'_8$	111	77	69
$K'_9$	85	122	140
$K'_{10}$	123	154	152
$K'_{11}$	69	105	101
$K'_{12}$	106	99	98
$K'_{13}$	132	136	131
$K'_{14}$	85	72	84
$K'_{15}$	100	112	96
$K'_{16}$	72	86	96
$K'_{17}$	171	168	153
$K'_{18}$	117	118	108
$K'_{19}$	130	122	121
$K'_{20}$	145	114	115
$K'_{21}$	131	143	129
$K'_{22}$	99	69	67
$K'_{23}$	118	131	110
$K'_{24}$	117	63	52
$K'_{25}$	117	124	43
$K'_{26}$	146	148	170
$K'_{27}$	145	160	100
$K'_{28}$	153	167	152
$K'_{29}$	104	118	104
$K'_{30}$	119	136	122
$K'_{31}$	110	116	126
$K'_{32}$	130	127	115
$K'_{33}$	121	130	127
$K'_{34}$	141	182	190

$K'_{35}$	116	100	128
$K'_{36}$	136	150	136
$K'_{37}$	110	116	111
$K'_{38}$	106	18	-50
$K'_{39}$	99	74	70

Tabela 9 Valores para formação da Matriz de Preferência

Fonte: Elaborados pelos autores.

Após a sistematização das avaliações das  $f(a)$  e a aplicação das fórmulas [5] a [9] chegou-se matriz de preferência inicial com a utilização dos pesos (3,2,1) para os critérios ( $f_1, f_2, f_3$ ) respectivamente. A classificação obtida com os pesos (3,2,1) encontra-se ilustradas na Tabela 6.

Na Tabela 9, para permitir uma análise mais apurada, foi realizado um novo cálculo para o sistema SIM simulando a retirada tão somente do limite superior de 120%. Sendo assim, foi atribuída uma coluna denominada o IDM-R.

PROMETHE II		SIM		SIM-M		Rank
AISP	$\phi(a)$	AISP	IDM	AISP	IDM-R	
19	36,67	7	120,00	28	150,58	1
30	34,33	8	120,00	30	148,67	2
36	33,00	11	120,00	19	142,97	3
28	31,67	15	120,00	36	140,00	4
38	26,67	19	120,00	8	135,79	5
29	24,17	21	120,00	15	132,89	6
8	23,33	23	120,00	11	131,74	7
23	21,33	28	120,00	22	129,97	8
15	21,33	30	120,00	23	129,18	9
11	21,33	35	120,00	7	127,52	10
7	13,67	36	120,00	34	126,36	11
22	13,50	32	119,65	21	125,76	12
34	11,67	34	119,15	32	125,17	13
35	11,67	38	118,33	35	124,86	14
32	11,67	22	117,24	25	120,86	15
21	11,00	25	117,19	38	120,83	16
25	8,33	20	115,80	29	117,50	17
20	1,67	29	115,00	20	115,80	18
33	-3,00	33	113,76	33	114,81	19
27	-3,50	39	112,27	39	112,27	20
37	-4,00	37	110,83	37	112,17	21
39	-4,67	31	108,51	6	110,53	22
6	-5,83	6	107,42	31	108,51	23
10	-7,00	27	105,45	27	106,78	24
31	-8,67	17	103,15	17	103,15	25
14	-15,00	14	102,28	10	102,50	26
17	-15,17	10	99,17	14	102,28	27

9	-16,33	9	92,81	9	92,81	28
26	-17,17	26	91,95	26	91,95	29
12	-21,00	2	89,77	2	89,77	30
5	-24,00	12	86,27	12	86,27	31
40	-24,00	41	85,99	41	85,99	32
41	-24,67	5	84,96	5	84,96	33
18	-25,67	24	83,61	24	83,61	34
4	-26,00	18	80,80	18	80,80	35
16	-26,67	16	80,77	16	80,77	36
24	-27,67	3	75,50	3	75,50	37
2	-27,67	40	50,73	40	50,73	38
3	-29,33	4	6,57	4	6,57	39

Tabela 9 *Outranking do PROMETHEE II Versus SIM*

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 5 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação das duas metodologias foi gerada a classificação ilustrada na Tabela 9. Inicialmente pode-se depreender que das trinta e nove posições tão somente 17,94% mantiveram a mesma posição tanto o SIM como no PROMETHEE II, o que corresponde a seis posições que são as seguintes: AISP 34 - (13°); AISP 33 – (19°).; AISP 37 – (21°); AISP 6 – (23°); AISP 9 – (28°); AISP 26 – (29°); e AISP 16 – (36°). Em relação as primeiras posições, pode-se inferir que em virtude da metodologia implementada pelo SIM, a qual estipula limites inferiores e superiores para premiação das metas, ocorreu um empate nas onze primeiras posições, isto deu-se pelo fato do método fixar o limite máximo de 120% do cumprimento de meta em cada critério, mesmo que as AISPs tenham alcançado valores de cumprimento de meta superiores. Contudo, o método PROMETHEE II trabalhou com os valores reais de cada AISP, o que propiciou uma comparação real entre as mesmas, critério a critério, o que permitiu a construção da matriz de preferência, de onde calculou-se os fluxos positivos e negativos e chegando a uma classificação. Em relação aos onze primeiros lugares do SIM, que na realidade estão empatados, constatou-se que houve alteração em 18,18% das AISPs integrantes na classificação do método SIM. Aplicando-se o método PROMETHEE II, estariam dentro dos onze primeiros as AISPs 38 e 29, e sairiam as AISPs 21 e 35. Todavia as três primeiras colocações apontadas no método PROMETHEE II estão presentes no conjunto dos onze primeiros empatados no SIM.

Lançou-se um segundo olhar nas onze últimas posições, e foi observado que neste conjunto, apenas 18,18% das AISPs mantiveram as mesmas posições, que foram as AISPs 26 e 16. Contudo, diferentemente do que ocorreu no primeiro grupo, não houve nem inclusão e exclusões neste grupo, e sim alterações de posições.

Na tabela 9, foi incluída a coluna do IDM-R, que é na realidade o cálculo do SIM sem a restrição do limite superior de 120%, o que proporcionou uma real comparação

entre as AISP, e de fato pode ser observado que há alteração de posições entre os quatro primeiros lugares. A AISP 30 permaneceu na 2ª posição tanto no SIM modificado (SIM-M) quanto no PROMETHEE II. O primeiro colocado no SIM-M que é a AISP 28 passou para o quarto lugar no PROMETHEE II; A AISP 36 passa de quarta colocada no SIM modificado para terceira posição no PROMETHEE II; e a AISP 19 salta de terceira colocada no SIM para primeira colocação no PROMETHEE II. Com isso pode-se depreender somente a AISP 30 teria sua colocação mantida. As demais alterações causariam alterações significativas em função da premiação. Pode-se afirmar que na realidade não se teria empates, e os primeiros três colocados estariam bem definidos. A diferença entre o PROMETHEE II e o SIM é que o primeiro não é um método compensatório e sim um método de superação, que consiste em construir uma relação binária muito particular entre as alternativas em análise, eliminando o efeito compensatório. Isto significa que, o sucesso em um critério não compensa o fracasso em outro, como ocorre nos métodos que adotam formulações baseados em médias. Este fato pode ser observado na amostra pelas o número de alteração de posições quando aplicado o método PROMETHEE II. Em quanto o segundo compara o somatório dos valores em cada critério, e isso não faz com que o tomador de decisão tenha uma ideia exata de quanto uma alternativa foi melhor do que a outra. A escolha do método cabe ao tomador de decisão, mas no presente estudo o método PROMETHEE II eliminou o efeito compensatório dos critérios, o que foi evidenciado pelo número de alterações de posições no ranking final que chegou a 85%. As alterações de maior impacto, em virtude da premiação, ocorreram nos quatro primeiros lugares.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a utilização da metodologia de apoio multicritério a decisão foi possível a realização do estudo comparativo entre o Sistema Integrado de Metas, metodologia aplicada pela Secretaria de Segurança do Estado do Rio de Janeiro para criar um ranqueamento entre as Áreas Integradas de Segurança Pública, com a finalidade de premiação por produtividade nos alcance das metas propostas para redução dos Indicadores Estratégicos de Criminalidade e o método PROMETHEE II, metodologia aplicada a problemas de ordenação. Após a escolha da base de dados, e a definição dos critérios, passou-se a construção da matriz de preferência, a partir da qual se calculou os fluxos positivos e negativos, que resultaram no fluxo total de cada AISP. Com o conhecimento do fluxo total de cada AISP, foi promovida a ordenação.

Após a saída da classificação produzida pelo método PROMETHEE II, efetuou-se a comparação entre os dois métodos. Constatou-se que 85% das posições foram alteradas, inclusive nas primeiras colocações. Um dos motivos deveu-se ao fato de que o PROMETHEE II não ser um método compensatório, realizando comparações entre as alternativas, critérios a critério. O estudo permitiu também identificar um equívoco metodológico no SIM, que foi a fixação de um limite superior no patamar de 120%. Isto

fez com que onze AISP's empatassem na primeira colocação, impactando diretamente no custo do programa de premiação.

A contribuição tecnológica deste estudo foi a evidência de que os métodos de apoio multicritério a decisão que tratam de problemas de sobreclassificação apresentam resultados diferentes que os métodos compensatórios. Por outro lado, o problema do empate das onze primeiras classificações pode ser solucionado retirando-se a fixação do limite superior, e trabalhar com os valores reais. Todavia, esta solução não elimina o efeito compensatório dos critérios. Ou seja, o sucesso em um único critério compensará o fracasso em outros critérios.

## REFERÊNCIAS

ADLER, N. et al. The Traffic Police Location and Schedule Assignment Problem. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, 21, 05 jun 2014. 315-333. <https://dx.doi.org/10.1002/mcda.1522>.

ALMEIDA, A. ; COSTA, A. P. C. S. Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. **Gestão & Produção**, 9, n. 2, 2002. 201-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2002000200007>.

ALMEIDA, A. T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

AMENDOLA, K. L. et al. An experimental study of compressed work schedules in policing: Advantages and disadvantages of various shift lengths. **Journal of Experimental Criminology**, 7, n. 4, 2011. 407-442. <https://dx.doi.org/10.1007/s11292-011-9135-7>.

BAHADORI, M. K.; ABOLGHASEMI, K.; TEYMOURZADEH, E. Performance evaluation and ranking of selective wards in a military hospital using DEA and promethee method. **Journal of Military Medicine**, 18, n. 4, 2017. 325-334.

BASILIO, M. P. et al. Investment portfolio formation via multicriteria decision aid: a brazilian stock market study. **Journal of Modelling in Management**, 13, n. 2, 2018. <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2017-0021>.

BASILIO, M. P.; PEREIRA, V.; COSTA, H. G. Review of the literature on multicriteria methods applied in the field of public security. **Universal Journal of Management**, 5, n. 12, 2017. 549-562. DOI:10.13189/ujm.2017.051202.

BEHZADIAN, M. et al. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, v. 200, p. 198-215, 2010.

BEHZADIAN, M. et al. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 17, p. 13051-13065, 2012.

BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BOURANTA, N.; SISKOS, Y.; TSOTSOLAS, N. Measuring police officer and citizen satisfaction: comparative analysis. **Policing**, 38, n. 4, 2015. 705-721. <https://dx.doi.org/10.1108/PIJPSM-01-2015-0008>.

BOUYSSOU, D.; ROY, B. **Aide multicritère à La décision: méthodes et cas**. Paris: Ed. Economica,

1993.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. **Mgmt. Sci**, 31, 1985. 647-656.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARECHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, 24, 1986. 228-238.

CAMACHO-COLLADOS, M.; LIBERATORE, F. A Decision Support System for predictive police patrolling. **Decision Support Systems**, 75, 2015. 25-37. <https://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2015.04.012>.

CAMACHO-COLLADOS, M.; LIBERATORE, F.; ANGULO, J. M. A multi-criteria Police Districting Problem for the efficient and effective design of patrol sector. **European Journal of Operational Research**, 246, n. 2, 2015. 674-684. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.05.023>.

CHATTERJEE, P.; CHAKRABORTY, S. Material selection using preferential ranking methods. **Materials & Design**, 35, 2012. 384-393.

CHEN, C. W. et al. Application of GIS for the determination of hazard hotspots after direct transportation linkages between Taiwan and China. **Natural Hazards**, 66, n. 2, 2013. 191-228. <https://dx.doi.org/10.1007/s1106>.

CHEN, F.; WANG, J.; DENG, Y. Road safety risk evaluation by means of improved entropy TOPSIS-RSR. **Safety Science**, 79, 2015. 39-54. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.006>.

COSTA, H. G. Graphical interpretation of outranking principles: Avoiding misinterpretation results from ELECTRE I. **Journal of Modelling in Management**, 11, n. 1, 2016. 26-42. <http://dx.doi.org/10.1108/JM2-08-2013-0037>.

CRISTOBAL, J. R. Critical path definition using multicriteria decision making: PROMETHEE method. **Journal of Management in Engineering**, 29, n. 2, 2013. 158-163.

DE PAULA SILVA, C. J. et al. Maxillofacial injuries as markers of interpersonal violence in belo Horizonte-Brazil: Analysis of the socio-spatial vulnerability of the location of victim's residences. **PLoS ONE**, 10, n. 8, 2015. Art. n. e0134577. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0134>.

DI BELLA, E.; CORSI, M.; LEPORATTI, L. A Multi-indicator Approach for Smart Security Policy Making. **Social Indicators Research**, 122, n. 3, 2014. 653-675. <https://dx.doi.org/10.1007/s11205-014-0714-7>.

DIABY, V.; CAMPBELL, K.; GOEREE, R. Multi-criteria decision analysis (MCDA) in health care: A bibliometric analysis. **Operations Research for Health Care**, v. 2, n. 1-2, p. 20-24, 2013.

DURBACH, I. N.; STEWART, T. J. Modeling uncertainty in multi-criteria decision analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 223, n. 1, p. 1-14, 2012.

FIGUEIREDO, C. J. J. D.; MOTA, C. M. D. M. A classification model to evaluate the security level in a city based on GIS-MCDA. **Mathematical Problems in Engineering**, 2016, n. Art. nº 3534824, 2016. <https://dx.doi.org/10.1155/2016/3534824>.

FONTANA, M. E.; CAVALCANTE, C. A. V. Use of PROMETHEE method to determine the best alternative for warehouse storage location assignment. **Int. Adv. Manuf. Techno**, 70, 2014. 1615-1624.

GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M.; ALMEIDA, A. **Tomada de Decisão Gerencial-Enfoque Multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOVINDAN, K.; JEPSEN, M. B. ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. **European Journal of Operational Research**, 250, 2016. 1-29.

- GUPTA, M.; CHANDRA, B.; GUPTA, M. P. A framework of intelligent decision support system for Indian police. **Journal of Enterprise Information Management**, 27, n. 5, 2014. 512-540. <https://dx.doi.org/10.1108/JEIM-10-2012-0073>.
- GURGEL, A. M.; MOTA, C. M. M. A multicriteria prioritization model to support public safety planning. **Pesquisa Operacional**, 33, n. 2, 2013. 251-267. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382013000200007>.
- HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: methods and applications, a state-of-the-art survey**. New York: Springer-Verlay, 1981.
- KAHRAMAN, C.; ONAR, S. C.; OZTAYSI, B. Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 8, n. 4, p. 637-666, 2015.
- KARVETSKI, C. W.; LAMBERT, J. H.; LINKOVZ, I. Scenario and multiple criteria decision analysis for energy and environmental security of military and industrial installations. **Integrated Environmental Assessment and Management**, 7, n. 2, 2011. 228-236. <https://dx.doi.org/10.1002/ieam.137>.
- KIKER, G. A. et al. Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. **Integrated environmental assessment and management**, 1, n. 2, 2005. 95-108. [http://dx.doi.org/10.1897/IEAM\\_2004a-015.1](http://dx.doi.org/10.1897/IEAM_2004a-015.1).
- LAU, H. C. W. et al. Optimizing patrol force deployment using a genetic algorithm. **Expert Systems with Applications**, 37, n. 12, 2010. 8148-8154. <https://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.05.073>.
- LIBERATORE, F.; CAMACHO-COLLADOS, M. A Comparison of Local Search Methods for the Multicriteria Police Districting Problem on Graph. **Mathematical Problems in Engineering**, 2016, n. Art. n° 3690474, 2016. <https://dx.doi.org/10.1155/2016/3690474>.
- MACHARIS, C. et al. PROMETHEE and AHP: the design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. **European Journal of Operational Research**, 153, 2004. 307-317.
- MANNING, M.; SMITH, C.; HOMEL, R. Overview of: "Valuing developmental crime prevention". **Criminology and Public Policy**, 12, n. 2, 2013. <https://dx.doi.org/10.1111/1745-9133.12023>.
- MENDOZA, G. A.; MARTINS, H. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. **Forest Ecology and Management**, 230, n. 1-3, 15 July 2006. 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.03.023>.
- MIGNELLI, C.; POMARICO, S.; PEILA, D. Use of multi-criteria model to compare devices for the protection of roads against Rockfall. **Environmental and Engineering Geoscience**, 19, n. 3, 2013. 289-302. <https://dx.doi.org/10.2113/gsegeosci.19.3.289>.
- MOUSAVI-NASAB, S. H.; SOTOUDEH-ANVARI, A. A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. **Materials and Design**, 121, 2017. 237-253.
- NUTT, D. J.; KING, L. A.; PHILLIPS, L. D. Drug harms in the UK: A multicriteria decision analysis. **The Lancet**, 376, n. 9752, 2010. 1558-1565. [https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61462-6](https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61462-6).
- ÖZDEMİR, ; GÜNEROĞLU, A. Strategic approach model for investigating the cause of maritime accidents [Stratejik bir model yaklaşımi ile deniz kaza sebeplerinin araştırılması]. **Promet - Traffic – Traffico**, 27, n. 2, 2015. 113-123. <https://dx.doi.org/10.7307/ptt.v27i2.1461>.
- ROY, B. **Méthodologie multicritere d'aide ala décision**. Paris: Ed. Economica, 1985.

ROY, B. Decision-aid and decision-making. **European Journal of Operational Research**, 45, n. 2-3, 1990. 324-331.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à La décision: méthodes et cãs**. Paris: Ed. Economica, 1993.

TRIANTAPHYLLOU, E. **Multi-criteria decision making methods: a comparative study**. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2000.

VELASQUEZ, M.; HESTER, P. T. An analysis of multi-criteria decision making methods. **International Journal of Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 56-66, 2013.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. [S.I.]: John Wiley & Sons., 1992.

WAN, S. P.; XU, G. L.; DONG, J. Y. Supplier selection using ANP and ELECTRE II in interval 2-tuple linguistic environment. **Information Sciences**, 385-386, 2017. 19-38.

WANG, J. J. et al. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2263-2278, 2009.

WANG, P.; ZHU, Z.; WANG, Y. A novel hybrid MCDM model combining the SAW, TOPSIS and GRA methods based on experimental design. **Information Sciences**, v. 345, p. 27-45, 2016.

ZYOUN, S. H.; FUCHS-HANUSCH, D. A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. **Expert System with Applications**, v. 78, p. 158-181. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.016>, 2017.



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

**Marcelo Antunes Marciano**

Hospital Moinhos de Vento, Engenharia Clínica e  
Hospitalar

Porto Alegre – Rio Grande do Sul

**Eliezer Knob de Souza**

Hospital Moinhos de Vento, Engenharia Clínica

Porto Alegre – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** Os equipamentos médico-hospitalares (EMH) são cada vez mais determinantes e essenciais na medicina moderna e no atendimento médico e hospitalar. Para que os EMH contribuam de forma efetiva e para que as organizações de Saúde os utilizem de maneira mais produtiva, há necessidade de se realizar a gestão do ciclo de vida dos mesmos. Um fator decisivo neste ciclo de vida é saber quando um equipamento deve ser substituído. É observada a ausência de métodos bem definidos e claros destinados a auxiliar a engenharia clínica e a direção hospitalar, na decisão e priorização de quais EMH necessitam ser substituídos. Este trabalho demonstra, uma aplicação prática em um parque de equipamentos. Como resultado, foi obtido a classificação dos EMH quanto à priorização de substituição no que tange a diversidade, quantidade e custos dos equipamentos indicados a serem substituídos. A aplicação deste método pode contribuir com

aumento da qualidade do parque instalado e no planejamento orçamentário de investimentos do hospital.

**PALAVRAS-CHAVE:** Priorização de Substituição, Método Multiparamétrico, Equipamento Biomédico.

**ABSTRACT:** The medical equipment (EM) are increasingly decisive and essential in modern medicine and medical and hospital care. For the EM contribute effectively and to the health organizations to use them more productively, it is necessary to carry out the management of the life cycle of the same. A decisive factor in this cycle of life is to know when a piece of equipment must be replaced. It is observed the absence of defined and clear methods to assist in the clinical engineering and hospital management, in deciding and prioritizing which EM need to be replaced. This work demonstrates a practical application in an equipment park. As a result, the classification of EM as the prioritization of substitution was obtained with respect to diversity, quantity and cost of the equipment shown to be replaced. The application of this method may contribute to increased quality of installed equipment and budget planning of hospital investments.

**KEYWORDS:** Prioritization replacement, multiparameter method, Biomedical equipment.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os equipamentos médico-hospitalares (EMH) são cada vez mais determinantes e essenciais na medicina moderna para auxílio em pesquisa, diagnóstico, monitorização, terapia e suporte à vida dos seres humanos que de alguma forma necessitam do atendimento médico e hospitalar. Os hospitais, por sua vez tornaram-se centros sofisticados de tecnologia (BRONZINO, J. D, 2000). A utilização inadequada de tecnologias pode colocar em risco os usuários e a efetividade das organizações de Saúde. Para que os EMH contribuam de forma efetiva e para que as organizações de Saúde os utilizem de maneira mais produtiva, há necessidade de se realizar a gestão do ciclo de vida dos mesmos. O ciclo de vida dos equipamentos é dividido em fases, na seguinte seqüência: Inovação, Difusão Inicial, Incorporação, Utilização em larga escala e Abandono/Substituição (KRAUSS-SILVA, L, 2006).

Um fator decisivo neste ciclo de vida é saber quando um EMH deve ser substituído (para evitar ineficiências, indisponibilidade, riscos aos pacientes, etc). Outros motivos de necessidade de substituição podem ser o alto custo de operação, a obsolescência, ou inadequação para atender a demanda (BREHM, Daniel Otto, 2012 ). Os equipamentos podem ser classificados em dois grupos, os de eficiência decrescente e vida útil previsível (com opções de baixa patrimonial sem substituição, baixa com substituição por equipamento de mesmo tipo e baixa com substituição por equipamento mais eficiente), e os de eficiência constante e vida útil imprevisível (BREHM, Daniel Otto, 2012 ). Como é histórico e cada vez mais acentuada a escassez dos recursos financeiros para a área da Saúde, é vital a alocação racional deste recurso, sendo assim, cada vez mais são valorizados os estudos, desenvolvimento de metodologias e ferramentas para definir o custo de vida útil das tecnologias, com intuito de evitar que os critérios subjetivos sejam utilizados no processo decisório (STIEFEL, R.; RISKALLA, E, 1995).

Por alguns fatores, como o qual as tecnologias tendem a ser acumulativas e não substitutivas, é complexo definir critérios de obsolescência da tecnologia médica (NOVAES, H. M. D, 2006). Diante de tal complexidade, é observada a ausência de métodos definidos e claros na literatura, bem como a aplicação destes métodos e critérios para auxiliar a engenharia clínica e a direção hospitalar, na decisão de quais equipamentos-médico-hospitalares (EMH) / Equipamentos Biomédicos necessitam ser substituídos.

Este trabalho vem demonstrar uma alternativa de método, aplicação prática e como objetivo principal apresentar uma classificação dos EMH quanto a priorização de substituição, como conseqüência da avaliação de obsolescência do parque tecnológico em utilização no hospital. Para auxiliar a direção no que tange a diversidade, quantidade e custos dos EMH indicados a serem substituídos, pelo critério de obsolescência. O método utilizado nesta aplicação prática foi o Multiparamétrico desenvolvido em 1992 e aplicado a primeira vez no St. Luke Medical Center à uma gama de cinco tipos

diferentes de equipamentos, como Balão Intra-aórtico, ECG, desfibrilador, incubadora neonatal e esteira ergométrica, totalizando 146 equipamentos (FENNIGKOH, L, 1992). A opção por este método foi devido entender que o mesmo abrange uma diversidade de parâmetros ou atributos, de pontos de vista técnico, econômico-financeiro, médico-assistencial. Na avaliação do ciclo de vida dos EMH, é relevante a importância da observação pelo prisma do fabricante e usuário médico-assistencial (SANTOS, Francisco; GARCIA, Renato, 2008). Este método proposto possui formulação clara e objetiva e permite aplicar a uma diversidade e quantidade de EMH, que é uma das premissas deste trabalho. Por ser composto de atributos quantitativos e qualitativos, e assim ampla cobertura de critérios de avaliação, torna-se atraente a aplicação. Além de relacionar prática e experiência a dados reais (KATZ, Z, 1998).

A aplicação deste método pode contribuir com aumento da qualidade do parque instalado e com o planejamento orçamentário de investimentos do hospital. Isto demonstra que o conhecimento adquirido e desenvolvido com pesquisa freqüente pelos profissionais da engenharia clínica e a aplicação prática disseminada pode contribuir com a decisão da direção das organizações de Saúde e assim agregar valor de forma mais significativa. Pois profissionais capacitados são essenciais para orientar as decisões das organizações de Saúde (NOVAES, H. M. D, 2006).

## 2 | MÉTODO

O método aplicado considera quatro grupos de parâmetros para compor as parcelas da equação denominada de VPS (Valor de Prioridade de Substituição), sendo eles: técnico (contribuindo com 40% na equação), de criticidade (que contribui em 20%), econômico-financeiro (cujo peso é de 20%) e parâmetros clínicos (com peso de 20%). Para esta aplicação um dos pré-requisitos é ter a relação do parque de EMH a ser analisado, bem como o histórico de manutenção de cada um.

O primeiro grupo mencionado, demonstrado na tabela 1, é composto por quatro atributos relacionados aos equipamentos, sendo eles o de idade, custo de manutenção (Custo de manutenção-CM foi adaptado neste trabalho para 24% de acordo com a realidade brasileira, pois no trabalho original o CM de referência é 15% considerando os 3 últimos anos em relação ao valor de compra), tempo de parada e fim de apoio do fabricante. Nos quatro atributos, se o EMH analisado tiver uma boa classificação no atributo, ele recebe nota 0, do contrario, recebe 1. Os limites estão descritos na tabela 1.

<b>Critério</b>	<b>Regra de Pontuação</b>
Critérios Técnicos	MAN= ID + CM + T + FA
Idade (ID)	ID ≥ 7 anos = 1, ID < 7 anos = 0
Custo de Manutenção (CM)	CM ≥ 24% Equip. novo = 1, CM < 24% Equip. novo = 0
Tempo de Parada (TP)	TP ≥ Tempo de médio de quebra da classe=1, TP < Tempo de médio de quebra da classe = 0,
Fim Apoio do Fabricante (FA)	FA = 1, quando disponível no mercado peças de reposição FA = 0, quando não houver disponibilidade no mercado de peças de reposição

Tabela 1: Parâmetros Técnicos.

A idade do equipamento foi contabilizada utilizando dados fornecidos pelo setor de contabilidade da instituição, o custo de manutenção e o tempo de parada do equipamento foram adquiridos pelo software de gerenciamento de ativos. Para o critério fim de apoio do fabricante, foi utilizado como referência o comunicado formal emitido pelos fabricantes.

O segundo grupo mencionado, demonstrado na tabela 2, é composto por um único atributo, o de função do equipamento. Neste atributo, o EMH é enquadrado em uma das quatro classificações, de acordo com a função, conforme tabela 2.

<b>Critério</b>	<b>Regra de Pontuação</b>
Criticidade do EMH (FUN)	FUN
Suporte a vida	FUN = 4
Terapia	FUN = 3
Diagnóstico/monitoração	FUN = 2
Análise/Apoio/auxiliar	FUN = 1

Tabela 2: Criticidade do EMH

Em relação a criticidade, o equipamento foi classificado de acordo com a aplicação/função do mesmo.

O terceiro grupo, demonstrado na tabela 3, é composto por dois atributos, sendo eles o de aumento de faturamento e o de redução de custo. Nos dois atributos, se a substituição do EMH analisado tiver como consequência o aumento do faturamento ou a redução de custo, ele recebe pontuação 1.

Critério		Regra de Pontuação
Parâmetros		
Economico	Custo Benefício (CBN) = AF + RC	
Financeiros		
Aumento do faturamento (AF)	AF = 1, Se Equip. substituto proporcionar maior faturamento, AF = 0, Se Equip. substituto não produzir maior faturamento	
Redução do Custo (RC)	RC=1, Se Equip. substituto proporcionar redução no custo ligado a operação e ou manutenção, RC = 0, Se Equip. substituto não proporcionar redução no custo ligado a operação e ou manutenção	

Tabela 3: Parâmetros Econômico-Financeiro

Para classificar ou pontuar o equipamento no parâmetro econômico-financeiro foi necessário saber por qual tecnologia o referido equipamento em análise poderia ser substituído. E também ter conhecimento se a substituição poderia trazer redução de custo ou aumento do faturamento. Se positivo, a pontuação de cada um dos dois atributos mencionados seria 1, conforme tabela 4.

Critério		Regra de Pontuação
Parâmetros Clínicos e Segurança	Eficácia Clínica e preferência	EFC = MT + PU + AP
Melhoria no tratamento (MT)	MT = 1, se EMH oferecer melhora no tratamento MT = 0, se EMH não oferecer melhora no tratamento	
Preferência do usuário (PU)	PU = 2, Caso a preferência do usuário seja grande pela troca do equipamento PU = 1, Caso a preferência do usuário seja média PU = 0, Caso não haja preferência pela troca	
Aumento da padronização (AP)	AP = 1, Se Equip. substituto proporcionar aumento da padronização entre os EMH, AP = 0, Se Equip. substituto não aumentar a padronização entre os EMH	

Tabela 4: Parâmetros Clínicos-Segurança

Neste grupo de parâmetros, foi necessário saber se o substituto do equipamento em avaliação poderia ser mais eficiente, aumentar a padronização ou ter a preferência do usuário. Esta classificação foi realizada com apoio dos gestores assistenciais e médicos das áreas que os referidos equipamentos analisados estavam alocados.

Após preenchimento de todos os parâmetros enumerados neste método foi aplicada a fórmula da figura 1 demonstrada a seguir para obtenção de uma pontuação final ou score, denominada de Valor de Prioridade de Substituição (VPS). Esta fórmula

considera um peso ou percentual para cada grupo de paramétricos avaliados.

$$VPS = 0,4.MAN + 0,2.FUN + 0,2.CBN + 0,2.EFC$$

Figura 1: Classificação quanto a Priorização de Substituição

Para apoio a classificação quanto a Priorização de Substituição há neste método uma escala de decisões, conforme demonstrado a seguir na tabela 5:

Critério	Regra de Pontuação
Manter em operação	$VPS < 1$
Reavaliar condição do equipamento nos próximos 12 meses	$1 \leq VPS \leq 1,2$
Substituir nos próximos 24 meses	$1,3 \leq VPS \leq 1,6$
Substituir nos próximos 12 meses	$VPS \geq 1,7$

Tabela 5: Classificação quanto a Priorização de Substituição

Uma planilha eletrônica foi utilizada como ferramenta para aplicação deste método em um hospital privado, sem fins lucrativos, que possui em torno de 400 leitos e base instalada de aproximadamente 4.500 equipamentos médico-hospitalares.

### 3 | RESULTADOS

Por meio da aplicação do Método Multiparamétrico foi possível conhecer e visualizar um panorama geral de substituição, quais equipamentos devem ser mantidos em operação sem nenhuma restrição, quantos devem ser mantidos em operação, mas com reavaliação nos próximos 12 meses (208 EMH) e quantos devem ser substituídos entre os próximos 12 (81 EMH) e 24 meses (164 equipamentos), conforme demonstrado na figura 2.

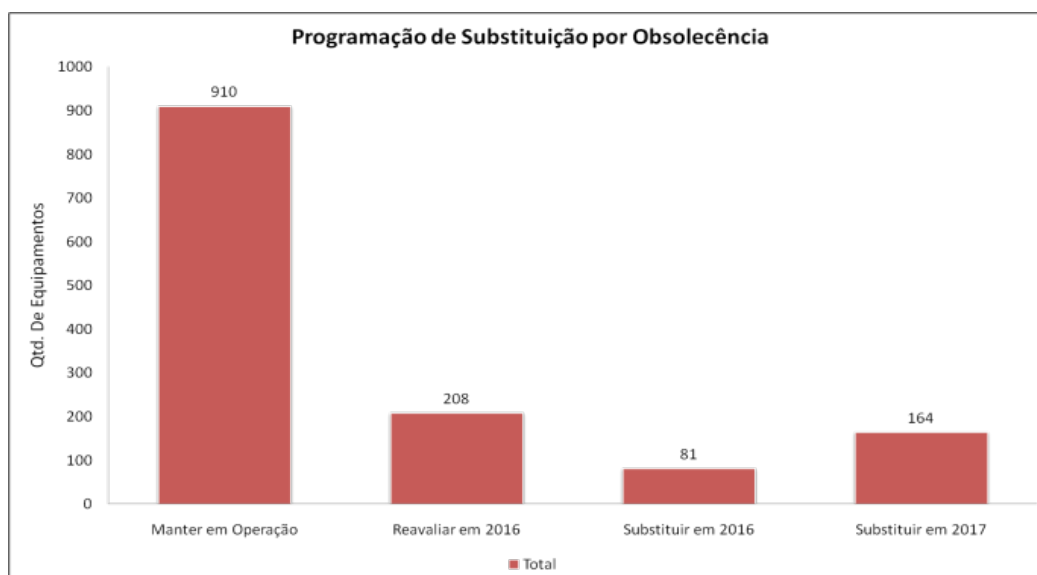


Figura 2: Panorama Geral de Substituição

Ainda foi possível identificar quais tipos e quantidades de equipamentos devem ser priorizados, visualizar a diversidade priorizada por centro de custos e informar à direção uma estimativa de recursos financeiros necessários a investir nas substituições.

Outro análise passível de realizar foi a verificação da classificação parcial referente aos grupos de parâmetros técnicos, econômicos financeiros e clínicos que determinado EMH estava graduado com resultado parcial. Este prisma de análise auxilia no entendimento de quais são os parâmetros que determinado equipamento está pior qualificado.

#### **4 | DISCUSSÃO**

As organizações de Saúde, por meio dos serviços de engenharia clínica necessitam ter um controle efetivo dos EMH de sua propriedade. A utilização de um software de gestão do ciclo de vida dos EMHs permite ter registro de todo histórico de manutenção. O conhecimento de dados e informações é um pré requisito para lançar mão do uso de métodos de avaliação de tecnologias.

O método multiparamétrico, com a abrangência de critérios demonstrada, pode ser uma alternativa prática de executar para avaliar a Priorização de Substituição de um grande espectro de tipos de EMH. A continuidade de aplicação deste método, adequações de atributos e forma de aplicação, principalmente dos subjetivos, são passíveis de refinamento e ajustes.

Como também há necessidade de implantar a automação do resultado, após modelagem, simulação e determinação das equações e tipo de ferramenta computacional a ser utilizada.

Tanto o método quanto os resultados foram totalmente aceitos pela alta direção, pelas gerências, coordenadores, gestores e equipe multiprofissional responsável pela avaliação dos investimentos hospitalar.

A lista de EMH com prioridade de substituição foi a base da planilha de investimentos em equipamentos biomédicos. Outros EMH compuseram a lista, mas advindos de outras necessidades do hospital.

#### **5 | CONCLUSÃO**

Os serviços de engenharia clínica podem aumentar a atuação nesta frente de avaliação e propor alternativas plausíveis (adequadas, abrangentes, práticas, etc) aos hospitais quanto à utilização de métodos e critérios que possibilitem indicar o momento adequado e a priorização de substituição de um equipamento. Pois, a utilização destes métodos pode contribuir minimamente para a qualidade, disponibilidade, segurança, desempenho, custos atrelados ao ciclo de vida do parque hospitalar e ao planejamento orçamentário de investimentos da instituição de saúde.

Outros tipos de métodos também necessitam ser desenvolvidos, estudados, analisados e aplicados na maior diversidade de EMH (com a avaliação de qual método se aplica melhor a determinada classe de equipamentos) e de maneira mais disseminada nas organizações de Saúde, de forma a contribuir consideravelmente na gestão do ciclo de vida do parque tecnológico instalado.

## REFERÊNCIAS

- BREHM, Daniel Otto. Ponto 2: **Metodologia e princípios da Análise de Investimentos; Análise de Projetos industriais e substituição de equipamentos; Prática instrumental, tabelas, planilhas e calculadoras Financeiras**, 2012.
- BRONZINO, J. D. **The Biomedical Engineering Handbook** . 2. ed. USA : CRC Press, Inc, 2000.
- FENNIGKOH, L. **Medical equipment replacement model**. Journal of Clinical Engineering, 1992 Jan/ Feb; 17(1): 43-47, 1992.
- KATZ Z. **Estudo de Metodologias Econômicas e Multiparamétricas Aplicadas à Decisão de Substituição de Equipamentos Médicos**. Dissertação Mestrado em Engenharia Elétrica. FEE UNICAMP, 1998.
- KRAUSS-SILVA, L. **Avaliação tecnológica em saúde: questões metodológicas e operacionais**. Caderno de Saúde Pública, 2006.
- NOVAES, H. M. D. **Produções e avaliações de tecnologias dos sistemas de saúde: desafios do século XXI**. São Paulo, 40: 133-140, 2006.
- SANTOS, Francisco; GARCIA, Renato. **Contribuição de metodologia para definição de substituição e incorporação de novas tecnologias na área da saúde. XII Jornadas Internacionales de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica (Entre Rios-Argentina)**. Anais. Argentina, p. 27-31, 2008.
- STIEFEL, R.; RISKALLA, E , **“The Elements of a Complete Product Evaluation”**, 1995.



## **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

