

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Eduardo Sanches de Andrade

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de produção 2 / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-570-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.706211910>

1. Engenharia de produção. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.

CDD 670

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A obra “Desafios da Engenharia: Engenharia de Produção 2” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, estudos sobre diversos aspectos que mostram como a Engenharia de Produção pode atender as novas demandas de um mundo globalizado e competitivo.

A evolução da sociedade e da tecnologia no mundo atual impõe novos desafios, tornando urgente a busca de soluções adequadas a esse novo ambiente. O desenvolvimento econômico das cidades e a qualidade de vida das pessoas dependem da eficiência e eficácia dos processos produtivos, objeto dos estudos realizados na Engenharia de Produção.

No contexto brasileiro, num período pós pandemia, a crise econômica se agrava e é necessário procurar novos caminhos para alavancar o crescimento econômico. Assim a Engenharia de Produção pode ser um elemento importante para enfrentar esses novos desafios.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes perspectivas da Engenharia de Produção.

A gestão de processos e a gestão financeira são abordadas. Diversos outros temas, em português, espanhol e inglês são também abordados, como os impactos ambientais e epidemiológicos do processo produtivo.

Agradecemos aos autores dos diversos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA EM UMA ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR**


Antonielli Silva Alencar  
Stella Jacyszyn Bachega  
Dalton Matsuo Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119101>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMBEV-CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS**


Everton Oliveira Santos  
Antônio Vieira Matos Neto  
Laís Gomes Barbosa da Silva  
Marcos Antonio Passos Chagas  
Bento Francisco dos Santos Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119102>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS A PARTIR DO DESCARTE INADEQUADO DE PNEUS EM ÁREAS NÃO CONTROLADAS**


Denise Dantas Muniz  
Renata Dantas Muniz de Queiroz  
Emerson Nóbrega de Medeiros  
Letícia Dantas Muniz Alves  
Paulo Roberto Ribeiro Marques  
Eduardo Braga Costa Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119103>

### **CAPÍTULO 4..... 39**

#### **ANÁLISE DAS ABORDAGENS DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO SERVIÇO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR METRÔS**


Carlos Eduardo Sanches de Andrade







 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119104>




### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYL THERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO**

Ernesto Enciso Contreras  
Jesús de la Cruz Alejo  
Juan Gabriel Barbosa Saldaña  
María Belem Arce Vázquez  
Irving Cardel Alcocer Guillermo  
Sergio Maldonado Mercado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119105>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
ASSIGNMENT MODEL FOR THE PERUVIAN FILM INDUSTRY	
Mario Edison Ninaquispe Soto	
Gianni Michael Zelada García	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119106</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>71</b>
DEVELOPMENT OF THE TOOL “APERMET” FOR COMPLEMENTING THE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES IN TEACHING	
Jesús Montero Martínez	
Santiago Laserna Arcas	
Jorge Cervera Gascó	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119107</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>86</b>
DISPENSO DE RAÇÃO EM PÓ DE PEIXES POR PROTÓTIPO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
Rafael Itamar da Silva	
Harthur Guzzi Madalosso	
Carlos Eduardo Zacarkim	
Luciano Caetano de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119108</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
ESCOAMENTO DE RAÇÃO POR UM DOSADOR AUTOMÁTICO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)	
Rafael Itamar da Silva	
Dircelei Sponchiado	
Maurício Guy de Andrade	
Luciano Caetano de Oliveira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109">https://doi.org/10.22533/at.ed.7062119109</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>107</b>
MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES	
Jorge Tomás Gutiérrez Villegas	
María Leticia Silva Ríos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191010</a>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>117</b>
METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO 2014. (MIPM_2014)	
Santiago Marquina Benítez	
Octaviano Juárez Romero	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191011</a>	

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>138</b>
OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS	
Marco Aurélio Feriotti	
Davi de Medeiros Marcelino	
José Martino Neto	
Jorge Luiz Rosa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191012</a>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>152</b>
PROPOSAL FOR A REPLACEABLE HIGH PRECISION SERUM PERFUSION SYSTEM	
Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela	
Elvis Osiel Covarrubias-Burgos	
Darío Soto-Patrón	
Esthela Fernanda Torres-Amavizca	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191013</a>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>162</b>
UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO DE ESTOQUES: OS DESAFIOS DA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA LOJA DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	
Tainnah Penha Lopes	
Luciano Saad Peixoto	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014">https://doi.org/10.22533/at.ed.70621191014</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>178</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>179</b>

# CAPÍTULO 1

## APLICAÇÃO DE UM MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA EM UMA ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 11/08/2021*

### **Antonielli Silva Alencar**

Universidade Federal de Catalão (UFCAT),  
Faculdade de Engenharia (FENG)  
Catalão-GO  
<https://orcid.org/0000-0003-2362-9728>

### **Stella Jacyszyn Bachega**

Universidade Federal de Catalão (UFCAT),  
Faculdade de Engenharia (FENG)  
Catalão-GO  
<https://orcid.org/0000-0002-7533-5361>

### **Dalton Matsuo Tavares**

Universidade Federal de Catalão (UFCAT),  
Instituto de Biotecnologia (IBIOTEC)  
Catalão-GO  
<https://orcid.org/0000-0001-8531-5578>

**RESUMO:** As organizações do terceiro setor têm desenvolvido cada vez mais atividades expressivas e imprescindíveis para a sociedade, como ações de cunho social, sustentável e/ou socioeconômico. Para manter as atividades e o cumprimento do objetivo de cada entidade, a arrecadação de fundos é uma das tarefas mais difíceis, de forma que a gestão dos recursos financeiros deve ser realizada da melhor forma possível, sem desperdícios ou desvios. Logo, este artigo tem como objetivo aplicar um modelo de gestão financeira no controle das finanças de uma organização do terceiro setor. Para realização do estudo foram utilizados os

procedimentos de pesquisa teórico-conceitual, na busca por um modelo de gestão financeira que melhor se adequasse às instituições do terceiro setor, e foi feito um estudo de caso, para que o modelo escolhido pudesse ser aplicado em um caso real. Os principais resultados mostram que a entidade selecionada aplica a maior parte de seus recursos no atendimento de sua atividade fim e que o resultado do exercício do ano de 2016 apresentou um superávit de R\$ 15.656,59. Também, foi possível identificar algumas falhas no processo de gestão e propor melhorias.

**PALAVRAS - CHAVE:** Gestão Financeira, Terceiro Setor, Organizações Sem Fins Lucrativos.

### APPLICATION OF A MODEL OF FINANCIAL MANAGEMENT IN AN ORGANIZATION OF THE THIRD SECTOR

**ABSTRACT:** Third sector organizations have increasingly developed expressive and indispensable activities for society, such as social, sustainable and / or socioeconomic actions. In order to maintain the activities and the fulfillment of the objective of each entity, fundraising is one of the most difficult tasks, so that managing financial resources must be carried out in the best possible way, without wastage or deviation. Therefore, this paper aims to apply a management model to control the finances of a third sector organization. In order to carry out the study, the theoretical-conceptual research procedures were used, searching for a financial management model that best suited for third sector institutions, and a case study, so that the chosen model could be applied in a real case. The main results show that the

selected entity applies the majority of its resources in the fulfillment of its purpose and that the result of the fiscal year of 2016 presented a surplus of R\$ 15,656.59. It was also possible to identify some flaws in the process of management and propose improvements.

**KEYWORDS:** Financial Management, Third Sector, Non-Profit Organizations.

## 1 | INTRODUÇÃO

As organizações do terceiro setor surgiram no Brasil como uma forma de atender a direitos sociais básicos, reduzir a exclusão social, proteger o meio ambiente, além de acolher outras demandas da sociedade que foram deixadas de lado ou mal atendidas pelas organizações do primeiro e do segundo setores, respectivamente Estado e empresas privadas (SZAZI, 2006). Fazem parte do terceiro setor, basicamente, organizações não governamentais e entidades sem fins lucrativos, como associações, ONGs, fundações e entidades filantrópicas, beneficentes ou de caridade (MENDES, 1999).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), existiam, em 2010, 290,7 mil Fundações Privadas e Associações sem Fins Lucrativos (FASFIL), no Brasil. Este número representava 5,2% do total de instituições públicas e privadas com finalidades lucrativas e não lucrativas em todo o país (IBGE; IPEA, 2012).

Por mais que estas organizações não busquem a lucratividade, elas precisam captar recursos financeiros para executar suas atividades. Esses recursos precisam ser administrados da melhor forma possível, já que, na maioria das vezes, são provenientes de parcerias, doações, convênios e iniciativas das próprias instituições. Diante disso, pergunta-se: Como gerenciar os recursos financeiros de uma organização do terceiro setor? Mediante esta questão de pesquisa, o artigo tem como objetivo aplicar um modelo de gestão financeira no controle das finanças de uma organização do terceiro setor. A justificativa da presente pesquisa embasa-se na importância do tema abordado, como reforçado por autores como Iizuka, Varela e Larroudé (2015) e Santos, Laureano e Machado (2014).

## 2 | GESTÃO FINANCEIRA APLICADA AO TERCEIRO SETOR

A administração ou gestão financeira é uma área de estudo teórica e prática que visa, principalmente, garantir um processo empresarial de coleta e aplicação de recursos de capital de forma mais eficiente. Sendo assim, a administração financeira está relacionada tanto com a problemática da falta de recursos, quanto com a realidade operacional e a prática da gestão financeira das organizações (ASSAF NETO, 2010).

De acordo com a NBC T 10.4:1999 – Fundações e a NBC T 10.19:2000 – Entidades sem finalidades de lucros, elaboradas pelo CFC, as informações mínimas contábeis que devem ser apresentadas pelas organizações sem fins lucrativos são: Balanço Patrimonial, Demonstração do Resultado (Superávit ou Déficit), Demonstração das Mutações do

Patrimônio Social e Demonstrações das Origens e Aplicações de Recursos, ambas acompanhadas de suas respectivas notas explicativas.

ABRINQ e SENAC (2002) relatam um modelo de gestão financeira com os principais demonstrativos financeiros que devem ser mensurados em uma entidade social de acordo com a legislação vigente. São eles: Balanço Patrimonial, Fluxo de Caixa (Demonstração de Origens e Aplicações de Recursos) e Demonstração de Superávit ou Déficit das Atividades (Demonstração de Resultados). Além do mais, propõem o cálculo do Indicador de Solvência Relativa, Indicador de Liquidez Relativa e Indicadores de Despesas, como despesas com atendimento, administração e captação.

### 3 | METODOLOGIA

A pesquisa é de natureza aplicada, pois busca a geração de conhecimentos que possam ser aplicados e direcionados à resolução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses pontuais (SILVA; MENEZES, 2005). Considerando a instituição em estudo, procurou-se gerar conhecimentos a respeito de ferramentas da gestão financeira que pudessem ser aplicadas na entidade, de forma que os recursos arrecadados fossem aproveitados mais eficientemente.

A entidade social em estudo é uma associação localizada no interior de Goiás que atende crianças, jovens e adultos com deficiência e/ou necessidades especiais da região mediante a prática de equoterapia. A instituição é composta por 15 voluntários, dentre eles há fisioterapeutas, psicóloga, terapeuta ocupacional, equitador, veterinário, guias laterais (estagiários), tratador de cavalos, contador e advogado. No momento do estudo eram atendidos 16 praticantes uma vez na semana.

As abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa foram empregadas, com predominância quantitativa. Por meio da pesquisa quantitativa foi possível mensurar algumas variáveis financeiras na instituição em estudo, como receitas, despesas e indicadores. O interesse na pesquisa qualitativa são os resultados e como eles foram alcançados, permitindo justificar o como e não apenas o quê (MARTINS, 2012). Assim, foi possível entender a realidade da associação e o porquê da sua situação financeira atual.

Com o intuito de encontrar o melhor modelo de gestão financeira que pudesse ser aplicado a uma entidade do terceiro setor, fez-se o uso do procedimento de pesquisa teórico-conceitual, segundo Berto e Nakano (2014).

Empregou-se, ainda, o estudo de caso. Para Yin (2001), este procedimento caracteriza-se como pesquisa empírica que averigua um fenômeno atual pertinente a vida real, sendo que as fronteiras entre fenômeno e contexto não estão bem delimitadas

Foi utilizado como base para conferência dos controles financeiros da entidade e efetuação dos cálculos de indicadores econômico-financeiros, o modelo de gestão financeira proposto pela ABRINQ e SENAC (2002). Este foi escolhido por ser destinado a

entidades do terceiro setor, demonstrando de forma clara como as ferramentas de controle contábil e financeiro podem se adequar a realidade das organizações sem fins lucrativos. Ainda, trata-se de um guia elaborado por instituições reconhecidas nacionalmente.

## 4 | APLICAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO FINANCEIRA

### 4.1 Balanço Patrimonial

Na Tabela 1 tem-se o balanço patrimonial da entidade em 31 de dezembro de 2016. Os valores apresentados no ativo circulante referente às contas caixa e aplicação financeira estão associados à quantia em dinheiro e aplicação em conta poupança da associação, respectivamente.

Item/Ano	31/12/2016
<b>Ativo</b>	<b>51.665,24</b>
<b>Ativo Circulante</b>	46.922,98
Caixa	725,99
Aplicação Financeira	46.196,99
<b>Ativo Não Circulante</b>	4.742,26
Móveis e utensílios	2.460,00
Equipamentos de Informática	2.500,00
Depreciação	(217,74)
<b>Passivo + Patrimônio Social</b>	<b>51.665,24</b>
<b>Passivo Circulante</b>	5.000,00
Contas a pagar	5.000,00
<b>Passivo Não Circulante</b>	-
Empréstimos a pagar	-
<b>Patrimônio Social</b>	<b>46.665,24</b>
Superávits Acumulados	31.008,65
Resultado do Exercício	15.656,59

Tabela 1. Balanço patrimonial da associação.

Já no ativo não circulante, a conta de móveis e utensílios traz a declaração dos bens adquiridos ou recebidos por doações. Para que estes sejam contabilizados no ativo imobilizado da organização é definido pelo Artigo 15º da Lei 12.973, de 13 de maio de 2014 que o valor mínimo é de R\$1.200,00. Desse valor para menos, o respectivo deverá ser considerado como despesa. Também, devem ser considerados apenas os bens que tenham expectativa de uso de mais de 12 meses. Neste caso, foram consideradas apenas duas selas inglesas, que juntas somaram o valor de R\$ 2.460,00. O mesmo ocorre com a

conta de equipamentos de informática, sendo considerado apenas um projetor no valor de R\$ 2.500,00.

A conta de depreciação refere-se à perda de valor contábil dos itens das contas de móveis e utensílios e equipamentos de informática. De acordo com a Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil N° 1700, de 14 de março de 2017, ambos os itens dessas contas possuem uma taxa de depreciação de 10% ao ano com vida útil de 10 anos. Obteve-se o valor de R\$ 217,74, assim como exposto no balanço patrimonial.

Com relação ao passivo circulante, tem-se uma conta a pagar no valor de R\$ 5.000,00. Esta conta refere-se ao pagamento de um curso de aperfeiçoamento que foi feito por alguns voluntários da associação em 2017, porém, o curso fazia parte da prestação de contas de um projeto que a instituição participou e que recebeu a quantia de R\$ 31.700,00 em conta poupança em 2016, de forma que o curso já deveria ser contratado em 2016, mesmo que fosse pago e realizado em 2017. Ressalta-se que não há contas de passivo não circulante.

O patrimônio social relatado na Tabela 1 é a diferença entre o total de ativos e o total de passivos. O patrimônio social ainda pode ser subdividido nas contas de Resultado do Exercício e Superávits Acumulados. A primeira delas trata-se da diferença entre Receitas e Despesas geradas em 2016, já a segunda delas apresenta os recursos sob a posse da entidade antes do resultado do exercício de 2016.

## **4.2 Demonstrativo de Fluxo de Caixa Anual**

Na Tabela 2 apresenta-se o fluxo de caixa anual da instituição selecionada. Nota-se que a maior receita obtida em 2016 se refere ao Projeto CMDCA (Conselho Municipal dos Direitos da Criança e Adolescente), representando quase metade do valor das receitas de 2016. Essa receita foi obtida devido à inscrição e seleção de um projeto feito pela organização e enviado ao órgão citado. Depois da avaliação do mesmo, este foi selecionado e obteve a concessão de R\$ 31.700,00 em maio de 2016, para consolidação do que foi proposto na parte escrita do projeto, como a compra de móveis, utensílios, equipamentos e alimentos.

Outras entradas, também relevantes, foram as doações de pessoas físicas e jurídicas no valor de R\$ 25.713,19, exposta na Tabela 2 como Doações Diversas, e as promoções e eventos realizados pela instituição para captar recursos, no valor de R\$ 12.371,32. Somando-se as duas receitas citadas, tem-se mais de 50% dos recursos que entraram em 2016.



Item	Totais	Participação %
<b>Entradas de dinheiro</b>	<b>73.096,71</b>	<b>100%</b>
Projeto CMDCAC	31.700,00	43,37%
Doações do Ministério Público	20,00	0,03%
Doações Diversas	25.713,19	35,18%
Rendimentos de Aplicação Financeira	3.292,20	4,50%
Promoções/Eventos	12.371,32	16,92%
<b>Saídas de dinheiro</b>	<b>57.440,12</b>	<b>100%</b>
Bens de Pequeno Valor	3.181,00	5,54%
Combustíveis e Lubrificantes	60,00	0,10%
Condução e Transporte	890,00	1,55%
Eventos e Confraternizações	924,50	1,61%
Copa, Cozinha e Refeitório	25,00	0,04%
Feiras/Congressos/Cursos	8.900,00	15,49%
Fretes e Carretos	324,70	0,57%
Material de Expediente	431,60	0,75%
Diárias de Viagens e Estadias	2.565,80	4,47%
Material de Uso e Consumo	928,78	1,62%
Medicamentos e Materiais Hospitalares	418,00	0,73%
Despesas com Uniformes e EPI's	2.000,00	3,48%
Despesas com Manutenção	1.368,00	2,38%
Alimentos	7.174,34	12,49%
Despesas Diversas	490,60	0,85%
Material de Limpeza	155,96	0,27%
Prestação de Serviço - PJ	1.945,00	3,39%
Serviços Gráficos	2.170,00	3,78%
Depreciação e Amortização	217,74	0,38%
Trato de Animais	23.250,05	40,48%
Tarifa Bancária	19,05	0,03%

Tabela 2. Fluxo de caixa anual da associação.

As saídas de dinheiro estão, principalmente, relacionadas aos gastos gerados pela entrada de recursos do projeto CMDCA, pois a prestação de contas do dinheiro gasto deveria ser feita ainda no ano de 2016. Observa-se que a maior saída de dinheiro, representando 40,48% do total, foi aplicada ao trato de animais. Considera-se aqui ração para os equinos, vacinas, serviços veterinários, entre outros.

Outras saídas, também relevantes, são as saídas de dinheiro destinadas à participação dos integrantes da associação em feiras, congressos e cursos (15,49%),

pois a equoterapia não é um tema muito difundido na região, de forma que se precisa de investimento em conhecimento para que os voluntários façam o atendimento aos praticantes de forma eficaz.

Outra parcela importante das saídas (12,49%) foi destinada a gastos com alimentos, tanto para os voluntários quanto para os praticantes. Durante as sessões de equoterapia são disponibilizados refrescos e quitandas para os praticantes e voluntários. Esse dinheiro advém das receitas da entidade, mas especialmente em 2016, pouco mais de R\$ 4.000,00 da saída de recursos em questão fazia parte do orçamento destinado para quitandas e refrescos do projeto ganho em maio de 2016.

### 4.3 Demonstrativo de Superávit

Na Tabela 3 relata-se o demonstrativo de superávit da entidade. Nesse caso não se fala em lucro, mas sim que se obtiveram mais entradas de recursos do que saídas para atendimento da atividade fim da organização. Semelhante ao fluxo de caixa, o demonstrativo traz as receitas e despesas durante todo o ano de 2016, além do mais, de acordo com o modelo da ABRINQ e SENAC (2002), essas despesas são divididas em despesas com atendimento, administração geral e captação de recursos. Essa divisão permite avaliar onde o dinheiro tem sido aplicado mais constantemente. No caso em estudo, observa-se que a maior parte das despesas está voltada para o atendimento aos praticantes, pois como visto no fluxo de caixa anual, as maiores saídas estão nesse subgrupo, como é o caso de trato de animais, feiras/congressos/cursos e alimentação.

Ao final do demonstrativo tem-se o resultado do exercício de 2016, isto é, a diferença entre receitas e saídas de dinheiro durante o ano. Obteve-se um superávit de R\$ 15.656,59, sendo assim, houve mais entradas do que saídas de dinheiro e o valor resultante foi considerado relevante para a instituição, o que irá permitir o seu uso para a manutenção dos atendimentos aos praticantes no ano seguinte.

<b>Receitas</b>	<b>73.096,71</b>
Donativos Conselho Municipal	31.700,00
Donativos Diversos	25.713,19
Donativos Ministério Público	20,00
Rendimentos de Aplicação Financeira	3.292,20
Promoções/Eventos	12.371,32
<b>Despesas</b>	<b>57.440,12</b>
<b>Atendimento aos praticantes</b>	<b>49.325,34</b>
Bens de Pequeno Valor	3.181,00
Trato de Animais	23.250,05
Alimentação dos praticantes e voluntários	5.796,95

Limpeza e manutenção	1.523,96
Feiras/Congressos/Cursos	8.900,00
Material de Expediente	431,60
Material de Uso e Consumo	928,78
Condução e Transporte	890,00
Medicamentos e Materiais Hospitalares	418,00
Despesas com Uniformes e EPI's	2.000,00
Combustíveis e Lubrificantes	60,00
Prestação de Serviço - PJ	1.945,00
<b>Serviço de apoio</b>	<b>8.114,78</b>
<b>Administração geral</b>	<b>5.787,89</b>
Fretes e Carretos	324,70
Diárias de Viagens e Estadias	2.565,80
Serviços Gráficos	2.170,00
Depreciação e Amortização	217,74
Tarifa bancária	19,05
Despesas Diversas	490,60
<b>Captação de recursos</b>	<b>2.326,89</b>
Compra de alimentos para eventos	1.402,39
Eventos e Confraternizações	924,50
<b>Resultado Bruto</b>	<b>15.656,59</b>
<b>Sobra (Superávit)</b>	<b>15.656,59</b>
<b>Ativos líquidos no início do ano</b>	<b>46.665,24</b>
<b>Ativos líquidos no final do ano</b>	<b>62.321,83</b>

Tabela 3. Demonstrativo de superávit da associação.

No final do demonstrativo, também houve uma previsão de entradas e saídas para 2017, isto é, com base em 2016, o modelo abordado prevê uma tendência de resultado para o ano seguinte. Os ativos líquidos no início do ano são referentes ao patrimônio social em 31/12/2016, isto é, R\$ 46.665,24 (valor apresentado no balanço patrimonial – Tabela 1). Já os ativos líquidos no final do ano é o resultado do somatório do patrimônio social em 2016 mais o superávit de R\$ 15.656,59 obtido no mesmo ano, atingindo o valor de R\$ 62.321,83. Isto significa que, caso o comportamento das receitas e despesas em 2017 seja o mesmo que em 2016, o resultado dos ativos líquidos ou bens sob a posse da entidade será no valor de R\$ 62.321,83.

#### 4.4 Indicadores de Solvência e Liquidez

Deve-se calcular os índices de solvência e liquidez relativa com base nos resultados do balanço patrimonial (Tabela 1). A solvência relativa é o resultado da divisão entre o

total do passivo sobre o total do ativo, mostrando a capacidade da entidade em atender seus compromissos de longo prazo. A solvência relativa obtida foi de 0,097. Este resultado permite afirmar que a associação, pelo balanço de 2016, possuía R\$ 0,097 de dívida por cada R\$ 1,00 de ativo. Ou seja, a organização poderia atender suas dívidas de longo prazo de forma satisfatória.

Com relação à liquidez relativa, esta é calculada por meio da razão entre o ativo circulante e o passivo circulante, evidenciando a capacidade da empresa em cumprir com as exigências de curto prazo. Obteve-se o valor de 9,384. O valor resultante permite afirmar que, para cada R\$ 1,00 de dívida no curto prazo, a entidade possuía R\$ 9,384 disponíveis para pagamento, ou seja, também pode-se aferir que a instituição se encontrava em uma situação relativamente bem em termos de liquidez.

#### 4.5 Indicadores da Demonstração de Resultados

Os indicadores da demonstração de resultados são baseados nos somatórios das despesas com atendimento, administração e captação de recursos apresentados no Demonstrativo de Superávit (Tabela 3).

Para calcular a porcentagem das despesas com atendimento, o somatório destas é dividido pelo total das receitas (valores na Tabela 3). O somatório das porcentagens se iguala a 78,58% (67,48% + 7,92% + 3,18%), os outros 21,42% (100% - 78,58%) são referentes ao superávit obtido pela entidade. Estes valores podem ser visualizados na Figura 1.

A Figura 1 mostra de forma nítida que a maior aplicação das receitas do ano de 2016 foi voltada para as despesas com atendimento aos praticantes da associação (67,48%). Vale também ressaltar que, a segunda maior porcentagem da aplicação das receitas em 2016 trata-se na verdade de um superávit de 21,42%.

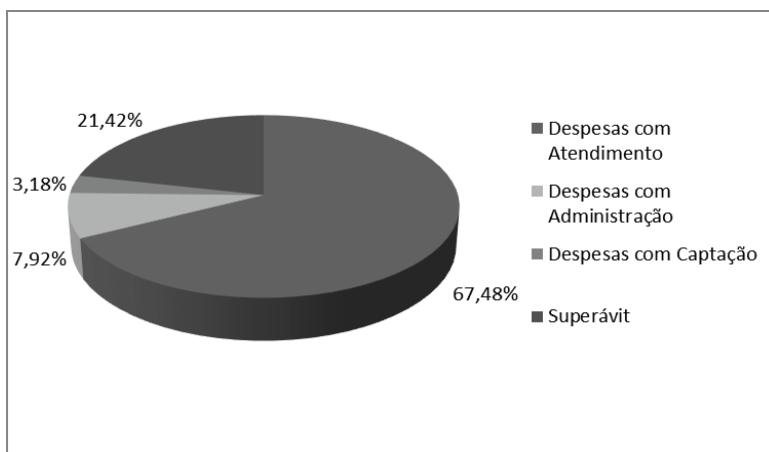


Figura 1. Indicadores da demonstração de resultados.

## 5 | PROPOSTAS DE MELHORIAS

Sugeriu-se o uso do método 5S. De acordo com Werkema (2011), a sigla 5S origina-se de cinco palavras japonesas que se iniciam com a letra S. No caso em estudo, o senso de utilização seria aplicado aos documentos arquivados pela associação a fim de separar os necessários dos desnecessários. Em seguida, o senso de organização deve ser aplicado na ordenação e identificação desses itens, como exemplo, dispor as entradas e saídas da entidade mensalmente em planilhas eletrônicas e em pastas suspensas. Depois, o senso de limpeza deve ser utilizado para higienização do ambiente de trabalho e descarte dos itens desnecessários em destinos corretos, como a reciclagem para os papéis, por exemplo. O senso de padronização deve ser planejado entre os membros da associação, de forma que, todos devam seguir os procedimentos para realização das tarefas diárias e haja a manutenção das etapas anteriores. O senso de disciplina, também deve partir de iniciativas da equipe como um todo. É interessante que a organização crie métodos para assegurar a continuidade de seus resultados, por meio de auditorias, sistemas de reconhecimento, entre outros.

Também foi possível constatar que a instituição carece de recursos humanos, tanto para gerir seus recursos quanto para realizar o atendimento aos praticantes de equoterapia. Propõe-se que a entidade busque mais voluntários por meio de programas de estágio obrigatório, pois a mesma possui convênio com algumas faculdades locais e que também busque em centros de convivência social da terceira idade profissionais que já estejam aposentados, mas que podem ajudar na gestão administrativa e contábil da associação, como administradores, contadores e profissionais de áreas afins.

Com relação aos demonstrativos financeiros, foi entregue e sugerido a instituição que utilize planilhas eletrônicas para o registro das entradas e saídas mensais, o que facilitará o cálculo das contas nos demonstrativos dispostos no modelo abordado e que também são cobrados pela legislação vigente. O modelo de gestão financeira da ABRINQ e SENAC (2002) também será disponibilizado para controle interno dos recursos da entidade, já que a mesma contrata anualmente uma empresa de contabilidade para realizar a prestação de contas junto à Receita Federal do Brasil (RFB).

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um modelo de gestão financeira adequado ao terceiro setor foi aplicado em uma instituição selecionada. Respondendo a questão de pesquisa, para gerenciar os recursos financeiros de uma organização do terceiro setor, pode-se fazer da seguinte forma: primeiro deve-se realizar o levantamento das entradas e saídas anual de recursos e bens da entidade, elaborar os demonstrativos financeiros exigidos pela legislação vigente, tais como balanço patrimonial, demonstrativo de fluxo de caixa, demonstrativo de superávit ou déficit das atividades e se possível, calcular indicadores de desempenho como propõe

o modelo abordado, assim, a organização terá uma forma de acompanhar onde seus recursos têm sido aplicados.

Identificou-se que a organização não realizava os controles financeiros expostos no modelo, com exceção do arquivamento das entradas e saídas. Na elaboração dos demonstrativos, percebeu-se que os maiores gastos da instituição estavam voltados para o atendimento aos praticantes, principalmente com relação ao trato dos animais e alimentação. Juntos, estes somam 52,97% dos gastos, isto é, pouco mais da metade dos recursos captados em 2016.

Também, observou-se que mesmo com a presença de várias saídas de recursos em 2016, a instituição obteve um superávit de R\$ 15.656,59. Os indicadores de solvência e liquidez também demonstraram que o patrimônio social da entidade é capaz de atender as dívidas de longo e de curto prazo de forma satisfatória. Com relação aos indicadores do demonstrativo de resultados, confirmou-se que a maior aplicação dos recursos estava voltada para as despesas com atendimento aos praticantes (67,48%).

Por fim, propôs-se e foi disponibilizada à entidade uma planilha eletrônica para o registro das entradas e saídas mensais, os demonstrativos e os indicadores de desempenho presentes no modelo de gestão financeira da ABRINQ e SENAC (2002). Dessa forma, os voluntários poderão identificar onde os recursos estão sendo aplicados e poderão traçar metas de redução ou controle de gastos.

Este trabalho contribui para a área acadêmica ao acrescentar à literatura um estudo sobre a aplicação de um modelo de gestão financeira voltado para o terceiro setor, visto que é um tema pouco difundido. Também, contribui para as organizações sem fins lucrativos ao trazer uma aplicação real de demonstrativos e indicadores financeiros em uma instituição do terceiro setor, o que servirá de exemplo para que essas organizações também possam controlar mais efetivamente seus recursos financeiros.

Sugere-se, como trabalhos futuros, que seja feita a aplicação da proposta de melhoria abordada e que os demonstrativos financeiros sejam elaborados novamente nos próximos anos, comprovando ou não a redução de gastos e o melhor aproveitamento de recursos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BRINQUEDOS - ABRINQ, Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial - SENAC. **Guia de gestão:** para quem dirige entidades sociais. São Paulo: Autores, 2002. Disponível em: <[http://prattein.com.br/home/images/stories/Gestao\\_publica/GuiadeGestao\\_EntidadesSociais.pdf](http://prattein.com.br/home/images/stories/Gestao_publica/GuiadeGestao_EntidadesSociais.pdf)>. Acesso em: 26 set. 2017.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Revisitando a produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Production**, v. 24, n. 1, p. 225-232, 2014.

IIZUKA, E. S.; VARELA, C. A.; LARROUDÉ, E. R. A. Social business dilemmas in Brazil: rede Asta Case. **Revista de Administração de Empresas**, v. 55, n. 4, p. 385-396, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. **As fundações privadas e associações sem fins lucrativos no Brasil 2010**. Rio de Janeiro: Autores, 2012. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv62841.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. Altera a legislação tributária federal relativa ao Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas - IRPJ, à Contribuição Social sobre o Lucro Líquido - CSLL, à contribuição para o PIS/Pasep e à contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - Cofins; revoga o Regime Tributário de Transição - RTT, instituído pela Lei nº 11.941, de 27 de maio de 2009; dispõe sobre a tributação da pessoa jurídica domiciliada no Brasil, com relação ao acréscimo patrimonial decorrente de participação em lucros auferidos no exterior por controladas e coligadas; altera o Decreto-Lei nº 1.598, de 26 de dezembro de 1977 e outras Leis. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14. mai. 2014. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l12973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l12973.htm)>. Acesso em: 26 dez. 2017.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012, p. 47-63.

MENDES, L. C. A. **Visitando o “Terceiro Setor” (ou parte dele)**. Brasília: IPEA, 1999.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **CFC NBC T 10.19**: Entidades sem finalidade de lucros. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/nbc/t1019.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. **CFC NBC T 10.4**: Fundações. Brasília, 1999. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/nbc/t10.4.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

SANTOS, M. R. C.; LAUREANO, R. M. S.; MACHADO, M. J. C. Contabilidade de gestão no terceiro setor: estudo empírico em instituições particulares de solidariedade social. **Tourism & Management Studies**, v. 10, n. Especial, p. 79-87, 2014.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Rev. Atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SZAZI, E. **Terceiro setor: regulação no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Peirópolis, 2006.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

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

## GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO DE CASO PARA REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMBEV-CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS

*Data de aceite: 01/10/2021*

### **Everton Oliveira Santos**

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE  
Aracaju-SE

### **Antônio Vieira Matos Neto**

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE  
Aracaju-SE

### **Laís Gomes Barbosa da Silva**

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE  
Aracaju-SE

### **Marcos Antonio Passos Chagas**

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE  
Aracaju-SE

### **Bento Francisco dos Santos Júnior**

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE  
Aracaju-SE

Grupo de Criação Em Experimentos De Ciências Ltda.  
– G-CEC  
Aracaju-SE

**RESUMO:** Com as mudanças geradas pela globalização e partindo do princípio que se tem que produzir mais com menos para ser competitivo e sobreviver no mercado mundial,

observa-se que desperdícios, além de ser coisa do passado para as organizações, tem um impacto negativo significativo sobre seus lucros. As ferramentas da qualidade vêm para esses casos como um direcionamento. Essa metodologia, quando utilizada de forma ordenada, ajuda a identificar as causas fundamentais dos problemas dando para tal o tratamento eficaz e conseqüentemente melhora o desempenho, a produtividade e a lucratividade dos sistemas produtivos. Este trabalho procura apresentar a utilização da metodologia PDCA e demais ferramentas da qualidade para solução de problemas, atingimento de metas e melhoria de resultados. Para tal, foi realizado um estudo de caso com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica na Cervejaria Águas Claras. O uso destes métodos, mostrou-se bastante eficaz e rápido na identificação do problema encontrado na cervejaria, que é o alto consumo de energia elétrica nas áreas produtivas. No início da pesquisa o indicador estava longe da meta estabelecida que era de 12,36 KWh/hl e o real já estava em 13,74 KWh/hl. Por meio do Grupo de Melhoria de Resultados e dados obtidos com o ciclo PDCA e outras ferramentas da qualidade, as possibilidades de redução nos índices de consumo de energia nos processos produtivos da cervejaria se tornaram claras e puderam ser vistas em um curto espaço de tempo. No final do estudo o consumo de energia foi reduzido e o indicador foi colocado em um patamar real de 12,03 KWh/hl.

**PALAVRAS - CHAVE:** PDCA, Ferramentas da Qualidade. Grupo de Melhoria de Resultados. Redução do Índice de Energia Elétrica.



## MANAGEMENT OF PRODUCTION SYSTEMS: A CASE STUDY FOR REDUCING ELECTRICITY CONSUMPTION IN AMBEV - CERVEJARIA ÁGUAS CLARAS

**ABSTRACT:** With the changes generated by globalization and assuming that one has to produce more with less to be competitive and survive in the world market, it is observed that waste, besides being a thing of the past for organizations, has a significant negative impact on their profits. The quality tools come to these cases as a guide. This methodology, when used in an orderly manner, helps to identify the root causes of the problems by giving it an effective treatment and consequently improves the performance, productivity and profitability of the production systems. This work seeks to present the use of the PDCA methodology and other quality tools for solving problems, achieving goals and improving results. To this end, a case study was carried out with the objective of reducing the consumption of electricity at Cervejaria Águas Claras. The use of these methods proved to be quite effective and quick in identifying the problem found in the brewery, which is the high consumption of electricity in the production areas. At the beginning of the survey, the indicator was outside the established target of 12.36KWh / hl and the real was already at 13.74KWh / hl. Through the Results Improvement Group and data obtained with the PDCA cycle and other quality tools, the possibilities of reducing energy consumption rates in the brewery's production processes became clear and could be seen in a short time. At the end of the study, energy consumption was reduced and the indicator was placed at a real level of 12.03KWh / hl.

**KEYWORDS:** PDCA, Quality Tools. Results Improvement Group. Reduction of the Electricity Index.

### 1 | INTRODUÇÃO

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, o gerenciamento dos custos operacionais de uma empresa é essencial para a manutenção da competitividade. O controle dos custos é uma das variáveis essenciais para que as empresas atuem no mercado de forma mais eficiente e produtiva.

A energia elétrica é uma das despesas significativas de uma empresa e requer atenção especial por ser um bem imprescindível para o funcionamento de qualquer processo ou operação. Portanto um dos grandes desafios das organizações é produzir mais com o menor consumo de energia elétrica possível, o que consequentemente tornará os sistemas produtivos mais lucrativos.

Diante desse cenário, é necessário o conhecimento de metodologias e técnicas que sejam de fácil compreensão e aplicação em todos os níveis das organizações e que tragam resultados sustentáveis.

As ferramentas da qualidade, nos últimos anos, vêm auxiliando as empresas no alcance da qualidade total. Elas possibilitam uma análise cuidadosa das causas de perdas e desperdícios ao longo dos vários processos produtivos das empresas, sendo sua utilização muito difundida dentro das organizações. Diante o exposto, este estudo de caso utiliza

ferramentas da qualidade para identificar as oportunidades de melhoria no consumo de Energia Elétrica no processo produtivo da Ambev-Cervejaria Águas Claras e assim propor as devidas melhorias.

A AmBev – Cervejaria Águas Claras é uma indústria composta por diversos processos produtivos que permitem a grande variedade de produtos ofertados ao mercado. Apesar dos funcionários receberem treinamentos periodicamente e da empresa investir bastante em tecnologia, alguns problemas são detectados quanto à utilização eficiente da energia elétrica. Para que a qualidade dos produtos ofertados aos clientes seja mantida, se faz necessário a utilização de energia elétrica em grande escala (na utilização do sistema de refrigeração, por exemplo), que quando não bem utilizada, acarretam em problemas de custo para a empresa, além de impacto ao meio ambiente.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Ferramentas da Qualidade

A Gestão da Qualidade Total vem evoluindo ao longo do tempo devido a consistência de seus conceitos e resultados. Segundo Paladini (2012, p. 68), a solidez que caracteriza as definições básicas da área decorre tanto da estrutura teórica que serve de sustentação a elas, quanto da plena aceitação dos principais pressupostos que tornaram a Gestão da Qualidade uma ação essencial na governança das organizações produtivas de qualquer setor, de qualquer porte ou de qualquer natureza.

Ainda de acordo com Paladini (2012p, p.46), a implantação prática dos modelos conceituais da Gestão da Qualidade, só foi possível após o desenvolvimento de tais técnicas, que alinhando simplicidade, facilidade de utilização e obtenção de resultados imediatos e notáveis, mostraram que a Gestão da Qualidade passou da teoria à prática. Daí compreende-se por que se atribui a estas técnicas uma compreensível relevância e um inquestionável mérito, creditando-se, a elas, parcela crítica em termos de contribuição para o sucesso dos programas de Gestão da Qualidade Total implantados Paladini (2012, p. 47).

#### 2.1.1 Fluxograma

Para Paladini (2012, p. 244), fluxogramas são representações gráficas das etapas pelas quais passa um processo. Os fluxogramas permitem uma visão geral de como o processo opera, conduzindo a um rápido entendimento das suas características de funcionamento. A visão de um fluxograma possibilita uma rápida localização de que representam operações cruciais, que requerem, por exemplo, atenção especial, controle rigoroso ou monitoramento com características próprias.

A existência de fluxogramas para os processos de uma organização é de fundamental importância para a simplificação e determinação das atividades desenvolvidas, permitindo

compreensão e posterior otimização das mesmas em cada departamento ou área da organização. É muito empregado nas empresas, pois permite visualizar o processo de maneira clara. (SANTOS *et al.*, 2014, p. 10).

### 2.1.2 Diagrama de Dispersão

De acordo com Werkema (2013, p. 67), o diagrama de dispersão é uma ferramenta utilizada para visualização do tipo de relacionamento existente entre duas variáveis, e essas variáveis podem ser duas causas de um processo, uma causa e um efeito do processo ou dois efeitos do processo.

A análise e compreensão das ligações entre as variáveis de um processo contribuem para o direcionamento da identificação de possíveis problemas e o planejamento ações a serem definidas.

### 2.1.3 Diagrama de Causa e Efeito

Conhecido também como espinha de peixe (por sua semelhança com uma espinha de peixe), ou diagrama de Ishikawa (em referência ao engenheiro japonês Kaoru Ishikawa, que o criou em 1943), esse diagrama é utilizado para apresentar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e seus fatores (causas), que possam vir a afetar este resultado.

O diagrama é constituído por um eixo principal, que conduz um fluxo de informações, e as “espinhas” que se ligam a esse fluxo, e representam as contribuições secundárias ao processo que se está analisando.

Segundo Paladini (2012, p. 362), a lógica do diagrama é simples. O fluxo apresentado evidencia causas que conduzem a determinados efeitos. Assim, se o efeito é nocivo, as causas podem ser eliminadas; caso o efeito seja benéfico, pode-se conferir consistência a elas, garantindo a sua continuidade.

### 2.1.4 Gráfico de Controle

Esta é uma das ferramentas conhecidas da gestão da qualidade. É também considerado um dos elementos fundamentais do conjunto de mecanismos que compõem a avaliação da qualidade. Estes gráficos foram desenvolvidos pelo engenheiro americano Walter Andrew Shewhart na década de 1920. Esta ferramenta introduziu as bases quantitativas para avaliação da qualidade e marcou o uso da estatística como instrumento básico da avaliação da qualidade em nível dos processos (PALADINI, 2012, p. 375).

São gráficos temporais, com pontos amostrais resultantes de medições realizadas de uma determinada característica do processo, que são plotados no eixo vertical, no eixo horizontal, é possível verificar a evolução temporal. É formado ainda por três linhas horizontais que indicam, limite inferior de controle (LIC), limite superior de controle (LSC)

e o limite médio.

### 2.1.5 6 Porquês

Também conhecida como técnica dos 5 porquês ou *why-why*, teve sua origem na Toyota no Japão e é até hoje utilizada como técnica de análise sobre determinada necessidade. Busca identificar a causa-raiz de um problema, podendo ser utilizada individualmente ou em pequenos grupos (CARDOSO, 2015).

A técnica é aplicada na solução de anomalias com a finalidade de descobrir a sua principal causa, portanto, ao chegar ao quinto porquê, devemos ter a definição clara da causa, devido ao processo de análise.

Para aplicação desta técnica devemos analisar as possíveis causas de maneira crítica, considerando a sua real participação no problema detectado, ou seja, qual o fator de importância que esta causa foi identificada e também se esta causa, de fato é a mais crítica para a ocorrência do problema analisado. O mais importante para esta técnica de análise de problemas é que se não considerar diversos fatores relacionados ao problema analisado, podemos apenas tomar uma medida intermediária que acabaria não gerando a solução.

### 2.1.6 Plano de Ação

A Ferramenta 5W1H tem como finalidade mostrar claramente todos os aspectos que devem ser definidos em um plano de ação. Este método consiste em responder seis perguntas básicas para programar soluções: “o quê?” (*What*), “quando?” (*When*), “quem?” (*Who*), “onde?” (*Where*), “por quê?” (*Why*) e “como?” (*How*). Dessa forma, esta ferramenta é considerada por Gomes (2006) como um método sistemático para compreender determinada situação (DEOLINDO. 2011 *apud* SOUZA *et al* 2015, p.04)

### 2.1.7 PDCA

Desenvolvido por Walter Stewart, por volta de 1930, difundido posteriormente por William Deming, o ciclo PDCA (do inglês: *Plan-Do-Check-Act*) foi estruturado a partir de quatro etapas, sendo constituído por questionamentos repetidos dos detalhados processos de uma operação. (CORRÊA; OLIVEIRA, 2017, p.90). Duppre *et al.* (2015, p. 3) enfatizam que a utilização do ciclo PDCA em conjunto com as ferramentas da qualidade podem reduzir custos na empresa, melhorando seus processos.

Segundo Werkema (2012, p. 19), o ciclo é composto das seguintes etapas: Planejamento (P), consiste em estabelecer metas; execução (D), consiste em executar a atividade conforme planejado; verificação (C), consiste em comparar a execução com planejado; e atuação corretiva (A), consiste em adotar um plano de ação para correção dos desvios.

### **3 | METODOLOGIA**

No referido estudo de caso, foi utilizado a pesquisa descritiva, pois não houve interferência do autor na pesquisa e buscou-se as causas dos problemas e suas relações com outros fatores. Sendo também explicativa por ter o propósito de identificar fatores que contribuem na ocorrência de problemas.

A pesquisa de campo de acordo com o modelo conceitual foi usada no estudo, assumindo o papel de coleta e análise de dados na empresa Imagem Som Eletrônica, local onde foi realizado o referido estudo. Assim como também a bibliográfica, por se tratar de uma pesquisa científica.

Neste estudo, a abordagem ou tratamento da pesquisa foi quali-quantitativa, pois apresenta uma análise da compreensão e interpretação dos problemas observados em consequência das informações coletadas.

Uma vez que a autora deste trabalho é colaboradora da empresa pesquisada, procedeu-se com uma observação participante, através da análise dos problemas e das não conformidades detectadas no objeto de estudo, a fim de comparar os dados coletados nos arquivos disponibilizados pela empresa com os da pesquisa de campo.

### **4 | ANÁLISE DE RESULTADOS**

#### **4.1 Mapeamento do Fluxo do Processo Produtivo**

O processo produtivo desta Filial constitui-se basicamente de cinco setores: Ensilagem/Beneficiamento, brassagem, fermentação/maturação, filtração e envasamento, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Visão geral do processo produtivo da empresa

Fonte: O autor (2019)

**Ensilagem e beneficiamento** – Na ensilagem é realizado o recebimento e o armazenamento do malte em silos. O beneficiamento é a primeira fase do processo de fabricação da cerveja. O malte passa por uma série de peneiras, onde são retiradas as impurezas, e passa por equipamentos responsáveis pela retirada de pedras e metais, denominados despedradeiras.

Em seguida, os grãos são moídos em um equipamento chamado moinho (no caso da fábrica estudada, utiliza-se o moinho tipo martelo). A finalidade para que os grãos sejam moídos, é torná-los solúveis em água e permitir uma maior extração dos açúcares fermentáveis.

Em paralelo é realizado o beneficiamento do milho, que é utilizado em substituição à *High Maltose*, que é o xarope utilizado durante o processo de cozimento. Segue abaixo fluxograma referente ao processo de ensilagem / beneficiamento.

**Brassagem** – Essa etapa inicia-se pela mostura. Após a moagem do malte, tem início a elaboração do mosto que será fermentado. A primeira etapa é fazer uma mostura, que implica em adicionar o malte moído à água quente e aumentar gradualmente a temperatura para permitir a ativação das enzimas, proteases e amilases, presentes no mesmo. Após a preparação do macerado, inicia-se a filtração da mostura para obtenção do chá, que é chamado de mosto. O processo de filtração pode ser realizado com filtros-prensa ou tinas de clarificação (na unidade estudada, utiliza-se o filtro-prensa), e tem como principal objetivo, separar o bagaço do malte presente no macerado. O processo dura em

média 3 horas e o bagaço retirado é vendido à uma cooperativa, que utiliza o mesmo para complemento de ração animal.

O mosto filtrado é enviado para a caldeira de fervura, onde permanece entre 2 e 3 horas, a uma temperatura de 100°C, onde recebe a adição do lúpulo e outros aditivos. O lúpulo dá à cerveja as características de amargor e amora, e os aditivos aumentam o teor dos açúcares fermentáveis. O mosto fervido é injetado tangencialmente a alta velocidade em um tanque circular *Whirlpool*, onde ocorre a precipitação / decantação das proteínas coaguladas, que podem prejudicar a qualidade da cerveja. O mosto decantado é a seguir resfriado entre 6-10°C, temperatura de início de fermentação. O resfriamento é realizado em trocadores de calor. Durante o resfriamento, o mosto é intensamente aerado com ar estéril.

**Fermentação / Maturação** – O processo de fermentação consiste de 2 etapas com uma duração total de 6 a 10 dias. A primeira etapa é a aeróbia, onde ocorre a reprodução da levedura. Esta etapa dura entre 24 e 36h. A segunda etapa é a anaeróbia, que é onde ocorre a fermentação propriamente dita.

Durante o processo de fermentação os açúcares contidos no mosto são consumidos, gerando álcool, calor, CO<sub>2</sub> e a multiplicação do fermento. Na empresa estudada, o CO<sub>2</sub> gerado neste processo, é enviado para a usina de CO<sub>2</sub>, localizada na própria unidade onde é beneficiado.

A fermentação é realizada em tanques fechados envolvidos por camisas de refrigeração, utilizadas no controle da temperatura durante todo o processo. O controle da temperatura deve ser rigoroso, pois a reação ocorrida nos tanques é exotérmica. Ao final desta etapa tem-se a cerveja.

Após a fermentação, a cerveja é resfriada a temperaturas em torno de 3,5°C e transferida para os tanques de maturação, onde a temperatura é mantida entre -0,5 e 0°C. A maturação consiste no armazenamento da cerveja fermentada a baixa temperatura, durante um determinado período de tempo, esse processo proporciona a clarificação da cerveja, devido a precipitação de leveduras, proteínas e dos sólidos solúveis, além disso, melhoram o aroma e o sabor da mesma.

## 4.2 Análise de Dados e Indicadores Atuais da Cervejaria

Seguindo a metodologia PDCA, ferramenta utilizada neste trabalho, o *Plan* que significa planejar foi realizado conforme as etapas que são descritas a seguir.

- **Criação do Grupo de Melhoria de Resultados (GMR)**

Conforme diretrizes da empresa, no início de cada semestre, o gerente fabril, baseado na análise estratégica do negócio da cervejaria, pode definir até 5 indicadores a serem tratados via GMR (Grupo de melhoria de Resultados). Os critérios para escolher quais problemas devem ser tratados via GMR são: Problemas crônicos de maior impacto, metas mais desafiadoras e/ou desdobramento de metas. Estes critérios e problemas a

serem tratados são definidos em um desdobramento de metas que acontece a cada início de semestre. Criou-se então, o GMR para tratar o indicador Consumo de Energia Elétrica na Cervejaria.

- **Identificação do Problema**

Nesta etapa, o líder do GMR juntamente com os membros que o compõe, realizaram a identificação do problema (resultado atual versus meta) a ser tratado pelo grupo. Utilizou-se o gráfico de controle. Conforme a Figura 25 pode-se verificar a existência de uma lacuna acumulada no ano de 1,38% no indicador de consumo de energia em relação à meta, ou seja, a meta acumulada até o mês era de 12,36% e o real acumulado estava em 13,74%. Considerou-se para a análise o período de janeiro a julho de 2019.

Nesse momento também foi calculada a curva de captura do indicador para todos os meses seguintes, que se trata de uma nova meta mensal, menor do que a inicial, considerando-se as perdas acumuladas nos meses anteriores. Isto para garantir o atingimento do indicador no final do ano (Figura 2).

- **Análise do Fenômeno**

Na unidade havia apenas 1 medidor de consumo de energia elétrica e este, ficava localizado na subestação principal da planta fabril. Devido a isso, não foi possível verificar o consumo das áreas / equipamentos separadamente para realizar comparações entre o consumo teórico e o consumo real de cada um desses.

Diante dessa situação, o grupo decidiu realizar o acompanhamento dos consumos das áreas através de IVs (itens de verificação), que foram definidos em uma das reuniões com os representantes das áreas.

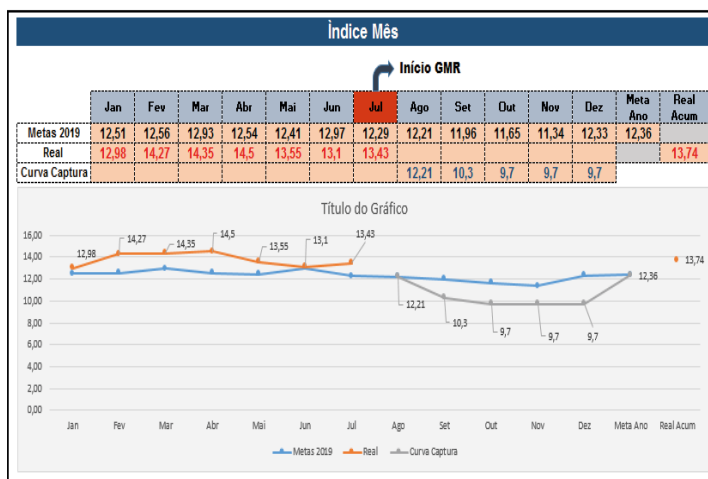


Figura 2 - Gráfico de controle do Consumo de Energia Elétrica utilizado na Identificação do Problema

Fonte: O autor (2019)



Para facilitar a definição desses IVs e a fim de que nenhum item relevante fosse esquecido, foi realizado o mapeamento de cada processo produtivo. Nesse momento foram utilizados os fluxogramas de processo das áreas como referência e cada representante levantou as operações que tinham o maior impacto no indicador e os itens de controle que estavam relacionados às mesmas (anexo A). Ao final dessa etapa, foi listado um total de quatro IVs que têm um grande impacto no indicador de energia elétrica. Esses quatro IVs foram definidos pelo grupo e validados pelo gerente fabril.

De acordo com o mapeamento do Processo, foram definidos os seguintes IVs para acompanhamento:

**I. Relação do Mosto versus PL envasada:** Esse item refere-se basicamente à relação entre a cerveja produzida e a cerveja envasada, que deve ser entre 90 e 110%. Quando se produz mais do que se envasada, se desperdiça não só a energia elétrica utilizada na fabricação em si, mas também a energia gasta para manter o que se produziu, como por exemplo, energia com o sistema de resfriamento;

**II. Ociosidade da planta de *Flakes*:** Refere-se ao desperdício de energia elétrica por meio do sistema de beneficiamento do milho para produção de maltose, a planta de beneficiamento não deve ficar em modo de operação se não houver necessidade de produção da mesma, ou seja, para esse IV foi definido que a meta deveria ser 0h da planta em ociosidade;

**III. Média pressão de sucção dos compressores de Frio:** Para que os compressores que resfriam cerveja operem de forma eficiente, é necessário que a pressão de sucção dos mesmos seja no mínimo 3 bar, pois quanto maior a pressão de sucção, melhor o desempenho dos mesmos, caso contrário será desperdiçada energia elétrica com mais compressores em operação.

**IV. Média pressão de distribuição ar comprimido linhas de envasamento:** Através desse item é verificado o desperdício de energia elétrica através dos vazamentos de ar comprimido existentes nas linhas de envasamento, que são as máquinas que utilizam mais ar comprimido na planta fabril, pois o acionamento de muitos de seus sistemas se dá através deste produto oriundo da área de utilidades. A meta desse indicador varia entre 6 e 6,5 bares.

- **Análise do Processo**

Foi realizado o acompanhamento diário dos IVs definidos na fase anterior durante um período de 30 dias (mês de agosto) via gráfico de controle, a fim de verificar o comportamento de cada um.

As figuras de 3 e 4 a seguir mostram os resultados dos acompanhamentos realizados. Através deles podemos verificar que nenhum dos quatro IVs estava atingindo as metas estabelecidas para os mesmos.

De posse dessas informações, o líder do GMR utilizou a ferramenta diagrama de

dispersão (conforme anexo B), para checar a relação entre os resultados dos IVs definidos e os resultados do indicador de energia, essa verificação foi importante para o direcionamento dos trabalhos realizados, pois mostrou que todos os indicadores monitorados tinham relação com o indicador principal.

Na reunião seguinte, com a confirmação da relação entre os IVs definidos e o indicador principal, o grupo utilizou o diagrama de Ishikawa a fim de levantar as possíveis causas para os efeitos indesejados, que no caso seria os resultados fora dos parâmetros ideais.

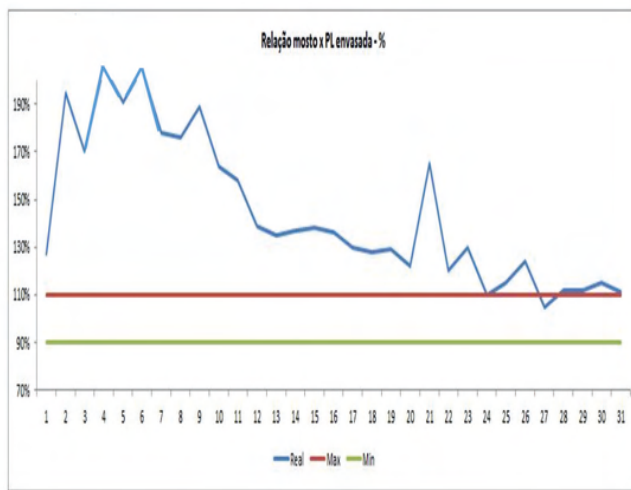


Figura 3 - Acompanhamento IV Relação montante versus PL envasada – mês agosto/19

Fonte: O autor (2019)

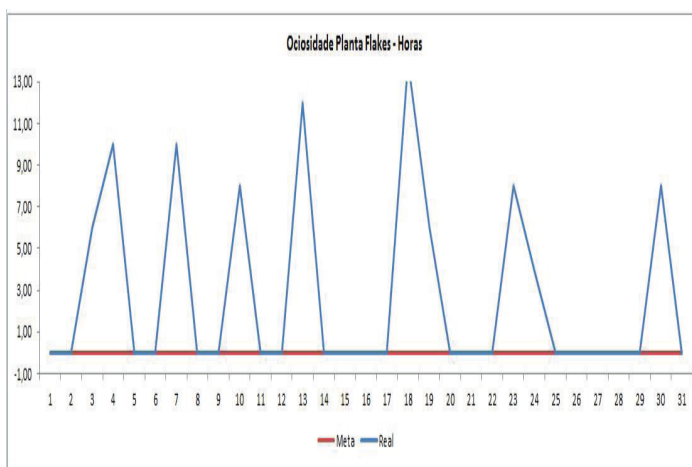


Figura 4 - Acompanhamento IV Ociosidade planta de Flakes – mês agosto/19

Fonte: O autor (2019)

Na Figura 5, segue utilização do diagrama para levantamento das possíveis causas do não atingimento da meta do IV “Razão de mosto versus PL envasada”.

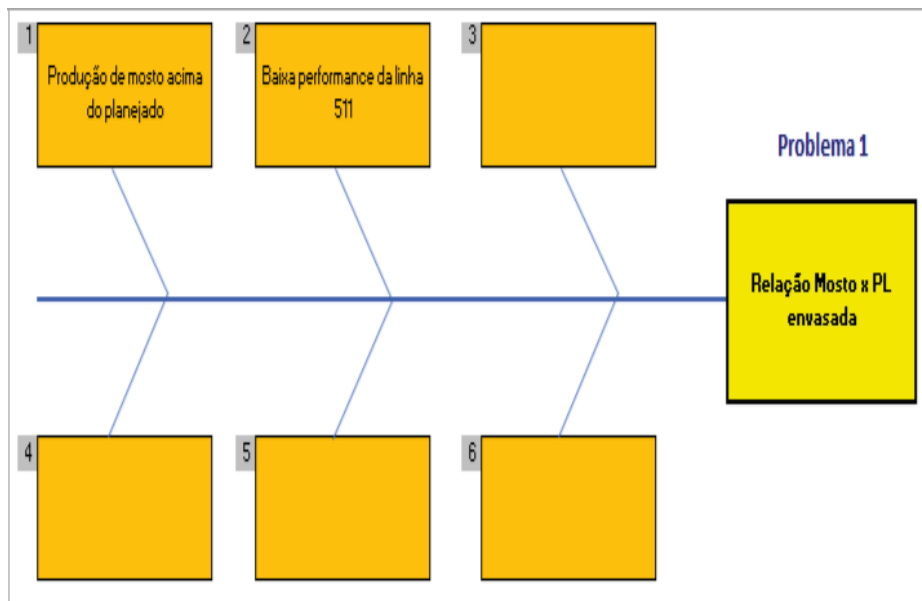


Figura 5 - Levantamento das possíveis causas para os efeitos do IV Relação Mosto versus PL envasada

Fonte: O autor (2019)

### 4.3 Resultados do PDCA

A metodologia PDCA já é utilizada nas unidades fabris da Ambev para melhoria de resultados. Desde a diretoria até a execução de fábrica conhece a ferramenta e sabe os benefícios que a mesma pode trazer, quando utilizada de forma correta.

Os resultados obtidos a partir da utilização da metodologia, aliada à disciplina na execução dos prazos levantados no plano de ação fizeram com que se confirmasse a eficácia da utilização da metodologia para solução de problemas, que no caso da empresa estudada era o não atingimento da meta do indicador de energia elétrica.

Então, pode-se reafirmar a eficácia da metodologia PDCA. Verificando a Figura 6 do capítulo anterior, verificamos que existia uma lacuna no indicador em relação à sua meta de 1,38% e após a realização dos trabalhos desenvolvidos, e execução do plano de ação, verifica-se na Figura 38 que esta lacuna foi reduzindo ao longo dos meses até se conseguir bater a meta com um ganho real de 0,33%. Foi evidenciado que à medida que as ações definidas para os IV's foram realizadas, houve melhoria no indicador de energia mês a mês.

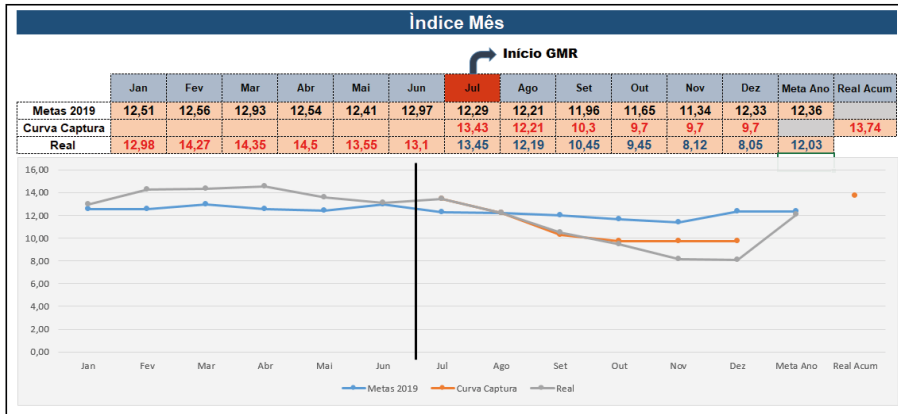


Figura 6 - Melhoria nos Resultados do indicador de energia elétrica

Fonte: O autor (2019)

## 51 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, mostrados na seção anterior, certificou-se que o uso da metodologia PDCA juntamente com as ferramentas da qualidade que foram utilizadas para o tratamento do indicador de energia elétrica na Filial da empresa estudada foi extremamente eficiente.

Ao longo deste trabalho, ficou clara a importância dos sistemas de gestão, como requisito imprescindível para manter as organizações competitivas no mercado. Cada vez mais fica evidente que a qualidade se tornou um ponto extremamente forte de competitividade entre as empresas, tornando a mesma um aspecto fundamental para sobrevivência e sucesso de qualquer organização. Porém, como todo trabalho que se espera ter resultados satisfatórios, a dedicação, o empenho, perseverança e disciplina foram os maiores impulsionadores para o alcance do objetivo final. Durante este estudo foi preciso realizar muitas visitas em campo, horas e horas acompanhando a performance de alguns equipamentos e ao mesmo tempo relacionar o que se viu durante as visitas com dados realmente mensuráveis. Nada foi por acaso.

Além da melhora no indicador foi observado que, a partir de uma boa liderança, a empresa pode conseguir de forma eficiente e eficaz suas metas. A atuação do gerente de fábrica influenciou de forma positiva a condução do trabalho do grupo. Outros benefícios observados foram: A conscientização dos colaboradores quanto à utilização da energia elétrica, estímulo e motivação das pessoas que fizeram parte do desenvolvimento do trabalho, padronização de atividades importantes, possibilitando otimizar determinadas operações do processo produtivo

O retorno positivo da aplicação do método só foi possível devido a participação de todos os envolvidos no processo, do operador ao gerente de cada área, principalmente

através da exposição de problemas existentes e consciência da necessidade de mudança de hábitos.

## REFERÊNCIAS

CORRÊA, Priscila Ferreira; OLIVEIRA, Luciana Bazante de. **Aplicação das Ferramentas da Qualidade na Solução de Problemas de Contaminação em uma Fábrica de Chocolate**: Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada. Pernambuco, v. 2, n. 2.

DUPPRE, T. C. CORBINE, R. S. CORRER, I. FRANCISCATO, L. S. **Aplicação de ferramentas da qualidade visando a redução dos índices de refugo de peças: pesquisa-ação em uma empresa do setor de autopeças**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Anais do ENEGEP, 2015.

PALADINI, Edson Pacheco *et al.* **Gestão da Qualidade Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier: ABEPRO, 2012.

SANTOS, Lucas Almeida Dos *et al.* **Implementação de Layout celular em uma empresa start up de tecnologia**. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, v. 24, p. 10, out. 2014.

SOUZA, Taelen de Jesus Ferreira *et al.* **Proposta de melhoria do processo de uma fábrica de polpas por meio da metodologia de análise e solução de problemas**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, p. 4, 2015.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2013.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.

## ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS A PARTIR DO DESCARTE INADEQUADO DE PNEUS EM ÁREAS NÃO CONTROLADAS

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 06/09/2021

### **Denise Dantas Muniz**

Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/7501427202752484>

### **Renata Dantas Muniz de Queiroz**

Campanha Nacional de Escolas da  
Comunidade – Unidade João Régis Amorim  
João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/4810182987701303>

### **Emerson Nóbrega de Medeiros**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural –  
Administração Regional da Paraíba  
João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/1418719894743291>

### **Letícia Dantas Muniz Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia da Paraíba  
João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/1182083757003890>

### **Paulo Roberto Ribeiro Marques**

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário do Baixo Tocantins  
Abaetetuba – PA  
<http://lattes.cnpq.br/1987868777926339>

### **Eduardo Braga Costa Santos**

Universidade Federal do Pará – Campus  
Universitário do Baixo Tocantins  
Abaetetuba – PA  
<http://lattes.cnpq.br/9835209170046141>

**RESUMO:** A destinação inadequada de resíduos no meio ambiente provoca uma série de consequências negativas para a sociedade como um todo, tornando-se um ônus indesejado para o Estado que trata deste problema endêmico através de remediação sem atacar diretamente os elementos causais. Desta forma, impactos na Saúde Pública oriundas do descarte inadequado de pneus provocam graves prejuízos sanitários, sociais e econômicos, uma vez que atua como propagador de agentes transmissores os roedores, transmissor da leptospirose e o *Aedes aegypti*, transmissor da dengue, chikungunya e zika vírus. Tais impactos estão sendo fortemente legislados pelos governos em todas as esferas de atuação e os dados coletados para analisar a efetividade das ações executadas. Dados sobre o volume de pneus inservíveis descartados e reciclados foram coletados de Associações e Organizações atuantes no setor de pneumáticos e confrontados com o número de óbitos confirmados por órgãos atrelados à área de Saúde. Os efeitos obtidos com a promulgação de legislação específica pelo Poder Público produzem resultados, porém com amplitude limitada à fiscalização concentrada sobre as empresas produtoras e importadoras, demandando ações mais direcionadas à conscientização social da sociedade no que toca ao descarte, além de promover incentivos de caráter individual para que a destinação correta dos pneus seja concretizada o combate e a mitigação da propagação de doenças epidemiológicas advindas de roedores e do *Aedes aegypti*.

**PALAVRAS - CHAVE:** Reciclabilidade; Saúde pública; Pneus; Doenças epidemiológicas; Meio

ambiente.

## ENVIRONMENTAL AND EPIDEMIOLOGICAL IMPACT ANALYSIS FROM INAPPROPRIATED TIRE DISPOSAL IN NON-CONTROLLED AREAS

**ABSTRACT:** The inadequate disposal of waste in the environment causes a series of negative consequences for society as a whole, becoming an unwanted burden for the State that deals with this endemic problem through remediation without directly attacking the causal elements. Thus, impacts on Public Health from improper tire disposal includes serious health, social and economic damage, as it acts as a propagator of transmitting agents, rodents, transmitter of leptospirosis and *Aedes aegypti*, transmitter of dengue, chikungunya and zika virus. Such impacts are being heavily legislated by governments in all spheres of action and data collected to analyze the effectiveness of the actions taken. Data on the volume of waste tires discarded and recycled were collected from Associations and Organizations operating in the tire sector and compared with the number of deaths confirmed by public bureaus linked to the Health area. The effects obtained with the enactment of specific legislation by the Public Power produce results, but with limited scope for inspection concentrated on producing and importing companies, demanding actions more directed to the social awareness of society with regard to disposal, in addition to promoting individual incentives so that the correct disposal of tires is carried out in the fight and the mitigation of the spread of epidemiological diseases arising from rodents and *Aedes aegypti*.

**KEYWORDS:** Recyclability; Public Health; Tires; Epidemiological diseases; Environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

O destino inadequado do resíduo sólido é um dos grandes problemas da sociedade a ser solucionado em esfera mundial, sendo considerado em diversos locais um problema de Saúde Pública. É uma problemática que tem atraído atenção de pesquisadores, poder público, empresários, investidores, bem como a sociedade civil.

Diversas soluções, dos quais incluem-se as legislações quanto à destinação destes resíduos, foram propostas e homologadas para que o cumprimento destas permita não somente a redução dos impactos ambientais, como também uma redução da quantidade de ocorrências de doenças causadas pela degradação e pela proliferação. No Brasil, a lei 12.305/10 estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cujo objetivo maior é avançar no enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2011).

Dentre os vários resíduos gerados pelo mercado consumidor, o descarte do pneu é um agravante em potencial às comunidades em que o descarte é realizado sem quaisquer fiscalizações e cuidados. O pneu é um produto oriundo do setor automobilístico composto por borracha copolimérica de estireno-butadieno (SBR), látex, aço, óxido de zinco, negro de fumo, ácido esteárico, enxofre, antidegradantes, aceleradores, retardadores e auxiliares de processamento (MICHELIN; CONTINENTAL; BRIDGESTONE, 2017), sendo o Brasil o

segundo maior mercado mundial em reforma de pneus, atrás apenas dos Estados Unidos.



Figura 1 – Esquemática das camadas componentes do pneu automotivo. 1) Revestimento interno, 2) Carcaça, 3) Zona baixa, 4) Aro do talão, 5) Flanco externo, 6) Lonas de topo, 7) Lona zero graus, 8) Banda de rodagem

Fonte: MICHELIN, 2017.

Desta forma, é perceptível a grande quantidade de recursos utilizados para a produção de uma unidade de pneu, sem considerar o consumo de energia necessário. E que tamanho consumo de recursos, uma vez descartados no meio ambiente sem controle, lançam uma quantidade significativa de resíduos no ecossistema. Além de provocar danos ambientais, já que a estimativa da decomposição do pneu é de 600 anos e os resíduos da queima contamina o solo, ar e água por 100 anos (AKATU, 2010), também provoca problemas consideráveis no âmbito da Saúde Pública no tocante ao número de internações e óbitos oriundos de contaminação provocados direta e indiretamente pelo pneu.

O surgimento dos pneus de borracha fez com que fossem substituídas as rodas de madeira e ferro, usadas em carroças e carruagens desde os primórdios da História, além de ser mais resistente e durável, a borracha absorve melhor o impacto das rodas com o solo, o que tornou o transporte muito mais prático e confortável. Sabe-se que pneus, plásticos e borrachas em geral descartados em lugares inapropriados degradam gradativamente o meio ambiente e provoca o surgimento de vetores propagadores de doenças.

Para redefinir os paradigmas referentes ao processo de descarte dos pneus e consequente reaproveitamento do mesmo, é preciso uma conscientização não só das empresas privadas e públicas, mas também da sociedade como um todo sobre os impactos nocivos provocados à economia local e nacional.

A expansão do setor de produção das indústrias traz consigo um impacto ambiental, no qual a maioria dos pneus descartados são abandonados em locais inadequados a céu



aberto, lançados em córregos, em locais de trânsito de pessoas, incluindo vias urbanas e terrenos baldios e usados em manifestações populares, causando grandes transtornos para a saúde pública, afetando juntamente o meio ambiente (ADISSI *et al*, 2013). Parra *et al* (2010) apontam que o pneu causa impactos durante seu ciclo de vida, seja pela liberação de fragmentos ao ar quanto pela dificuldade de armazenamento em função das dimensões.

Somam-se as iniciativas equivocadas do uso de pneus para construção de ambientes lúdicos para crianças são aplicadas com marketing enganoso por grandes empresas, que não fazem os devidos estudos sobre os impactos secundários provocados pela decomposição do pneu em ambiente fechado ou confinado.

Os pneus desgastados devido ao uso recebem a denominação de pneus inservíveis. Mas esta denominação vem sendo substituída por outra denotação, que são os reutilizáveis. A realidade é que esse tipo de resíduo, no Brasil e fora dele, passou a ser disputado em diversos setores da economia: pneus que seriam descartados como rejeitos hoje são transformados em matéria-prima ou energia nas indústrias, tendo assim um ciclo reverso, sustentável e em maior escala ao que era antes.

A quantidade de pneus inservíveis descartados anualmente no Brasil chega a 450 mil toneladas, sendo que em 2014 o total de pneus inservíveis reciclados foi de 89 milhões de unidades, equivalente a 445 mil toneladas (AB, 2015; SEST SENAT, 2017), fruto da resolução 416/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que estabelece a obrigatoriedade das empresas fabricantes ou importadoras em recolher um pneu considerado inservível para cada pneu vendido ao mercado.

Juntamente com a revolução no setor dos transportes, a utilização massificada dos pneus trouxe consigo a problemática do impacto ambiental, refletindo na saúde pública e nos custos de operação do descarte por parte das empresas e do Estado. Grande parte dos pneus descartados está em locais inadequados, ocupando grandes volumes de espaço e causando grandes transtornos para a sociedade, como os observados em abril de 2010, quando o Morro do Bumba sofreu um deslizamento de terra, onde originalmente era uma área de depósito de lixo a céu aberto até o ano de 1986, incluindo nesta localidade o descarte de milhares de pneus (ESTADÃO, BBC, 2010; MENDES *et al*, 2011).

Outro problema de grande relevância que está no descarte de forma inadequada do pneu na natureza, servindo como criadouro para mosquitos, roedores e insetos que transmitem doenças como dengue, zika vírus, chikungunya, malária, febre amarela e leptospirose (AKATU, 2010), no qual a dengue se mostra como pandêmica e histórica, uma vez que seus registros mais consistentes advêm do século 18 na Filadélfia em 1778, na ilha de Java e no Egito em 1799. Os sintomas mais observados na contração da dengue incluem febre aguda, acompanhada de fortes dores de cabeça, dores no corpo e articulações, prostração, fraqueza, dor na região ocular, erupções e coceira na pele (BRASIL, 2017).

As doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*, em particular a dengue, custaram aos cofres públicos US\$ 174,00 por paciente tratado, equivalente a R\$ 4,9 bilhões

entre 2013 e 2015 e um afastamento médio do trabalhador de sete a oito dias (GLOBO, 2015; SANCHES, 2016). A quantidade de casos aferidos chegou a mais de 1 milhão e 600 mil em 2015, destacando que destes valores supracitados, a maior parte foi utilizada para tratamento do contaminado, conforme figura 2.

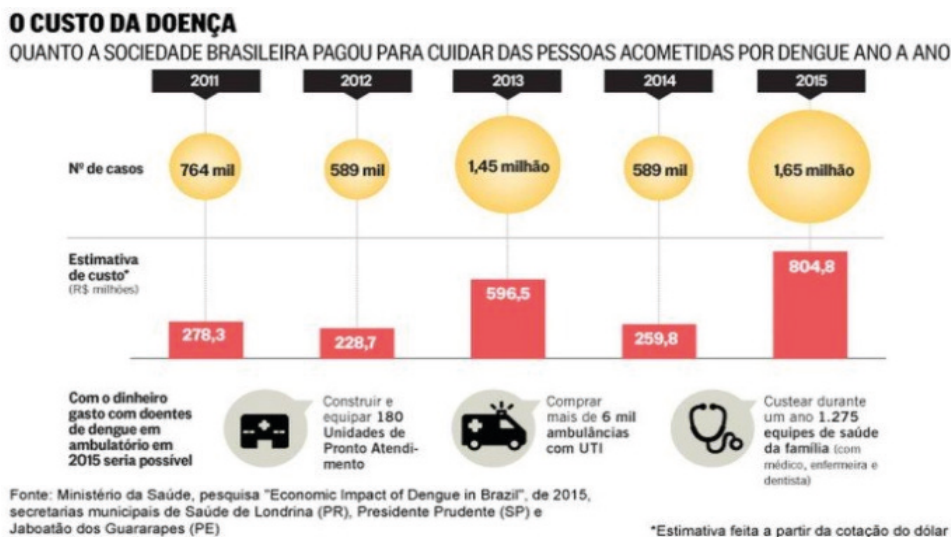


Figura 2 – Custos arcados pela sociedade brasileira com o tratamento contra a dengue

Fonte: SANCHES, 2016

Outro malefício provocado ao homem está na queima dos pneus, que libera produtos químicos tóxicos e metais pesados capazes de produzir efeitos adversos à saúde dos indivíduos quando aspirados ou absorvidos pela pele e mucosas e degradar a qualidade do ecossistema local. Neste contexto, o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2011) ressalta que a queima do pneu emite fumaça tóxica e representa riscos de mortalidade prematura, deterioração das funções pulmonares, problemas do coração e depressão do sistema nervoso e central. Considerando o descarte a céu aberto, ela possui 13 mil vezes mais potencial mutagênico que a queima de carvão em instalações bem desenhadas e operadas apropriadamente.

A sustentabilidade socioambiental está voltada não somente para a reciclagem de pneus e seu reaproveitamento, mas é uma forma encontrada para amenizar os impactos sanitários causados pelo processo de degradação da borracha, seja químico por meio das intempéries ou catalisado pela ignição do combustível. O reaproveitamento é um dos pontos identificados por cientistas como solução para o problema, junto com a recauchutagem, logística reversa e na produção de novos produtos atuantes em diversos segmentos, de forma que os ganhos monetários serão expandidos não somente em faturamento das

empresas, mas na redução dos custos de descarte e consequentes intonações dos contaminados por componentes do pneu e dos vetores que o usam para reprodução e proliferação (ADISSI *et al*, 2013).

Face ao exposto, é possível mostrar novas formas de reaproveitar pneus e outros derivados da borracha que são esquecidos no meio ambiente causando grandes impactos ambientais e socioeconômicos prevenindo assim doenças à saúde humana e, no transcorrer do tempo, garantir um ambiente não somente mais limpo para gerações futuras, mas mitigado de vetores contaminantes que provoquem a incapacitação do homem em produzir e gerar riquezas dentro do ambiente inserido.

Ressalta-se que o descarte indevido de pneus era agravado pela importação de pneus usados da União Europeia, Estados Unidos e Japão para recondicionamento e venda por preços competitivos no mercado brasileiro, desconsiderando que tal prática levava a um impacto considerável sobre o meio ambiente, não obstante influenciando negativamente as condições de vida das grandes metrópoles sobre as vidas humanas (FGV, 200-).

Desde a portaria da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX 08/2000, a quantidade de pneus importados decresceu de maneira significativa, de forma que o descarte programado de pneus, cuja vida útil se exauria precocemente por já terem sido reconicionados, reduziu consideravelmente (FGV, 200-). Soma-se ao fato que houve uma queda nos casos de ocorrências confirmadas de dengue no período entre 2002 e 2004 da efetivação da proibição da importação de pneus usados e reconicionados, conforme figura 3.

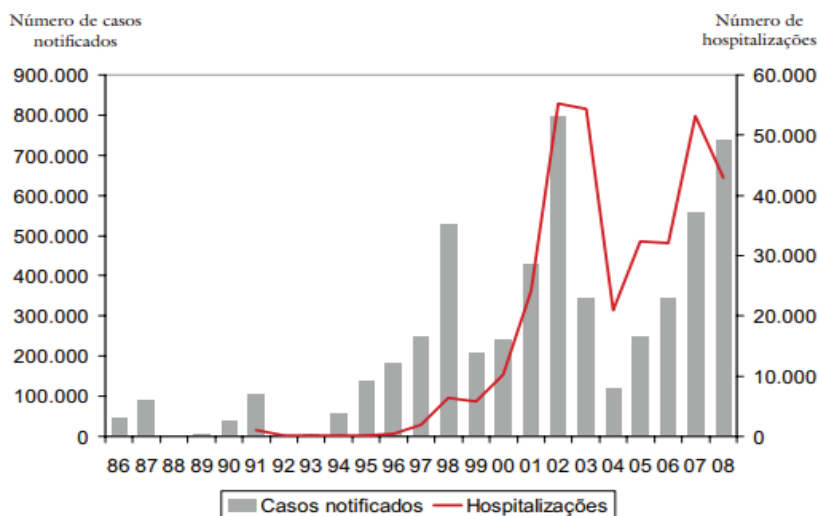


Figura 3: Casos notificados de dengue e hospitalizações, Brasil e regiões, 1986-2008

Fonte: BARRETO e TEIXEIRA, 2008

No contexto da preservação ambiental, a reciclagem de pneus inservíveis é uma alternativa necessária para combater a poluição como agente químico causador de doenças coronárias e respiratórias. Somam-se a este fato as questões envolvendo os problemas gerados no saneamento básico, como entupimento de bueiros e galerias de coleta de esgoto, o que provoca alagamentos de vias urbanas, assim como provoca a migração forçada de insetos e roedores para a superfície, o que estabelece a probabilidade de transmissão da leptospirose, doença de grave impacto na saúde humana e que pode levar a óbito (MARTINS e CASTIÑEIRAS, 2009).

Deste modo, a aplicação de políticas públicas que incentivem o desenvolvimento de novas tecnologias para sua reciclagem é necessária para que promova não somente uma melhoria da qualidade de vida dos indivíduos, mas que, por consequência direta, otimize os custos de tratamento e tentativa de recuperação do indivíduo hospitalizado e submetido ao Sistema Único de Saúde (SUS), quando este não tem seu prognóstico condicionado ao óbito, desinflando a quantidade de internados e, conseqüentemente, reduzindo as contas do governo nas três esferas perante a sociedade. Dentro de outros pontos a serem considerados, existem os custos previdenciários advindos do afastamento temporário e da aposentadoria por invalidez provenientes da contaminação por substâncias tóxicas provenientes da queima e do contato direto com os componentes do pneu, que geram uma taxa de absenteísmo entre 20 e 70% (TRIBUNA DO PARANÁ, 2017).

Face ao exposto, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos sobre a Saúde Pública referente à contração de doenças provenientes do descarte inadequado do pneu inservível. Para tanto, é necessário:

- Estudar as políticas públicas e legislação vigente sobre o descarte de pneus inservíveis relacionados às doenças epidemiológicas;
- Elencar as principais doenças provocadas pelo pneu inservível enquanto meio de proliferação para agentes transmissores;
- Analisar os impactos gerados sobre a sociedade no tangente às infecções confirmadas e os óbitos provocados pelas doenças epidemiológicas relacionadas ao descarte inadequado do pneu inservível.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica pode ser entendida como o ato de indagar e de buscar informações sobre determinado assunto, através de um levantamento realizado em base de dados, sejam estas locais, regionais, nacionais e/ou internacionais. De acordo com Marconi e Lakatos (2011), o levantamento bibliográfico é caracterizado como pesquisa de fontes secundárias, pois se trata de um levantamento de bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas, boletins informativos, imprensa escrita e anuários estatísticos específicos.

O presente trabalho utiliza o referencial da pesquisa bibliográfica para caracterizar e dialogar a respeito dos principais impactos sanitários provenientes da negligência ambiental em função da destinação incorreta de pneus inservíveis no meio ambiente, quantificando os valores contabilizados pelos órgãos públicos no tocante aos casos contabilizados da contração de doenças provenientes do objeto de estudo de forma direta (elementos tóxicos proveniente da combustão) ou indireta (vetor de agentes transmissores de vírus e bactérias).

Com este propósito, será efetuada uma revisão das publicações nas áreas ambiental e da Saúde Pública, tendo como bases consultadas bancos de dados como a ScienceDirect, SciELO, Web of Science, Banco de Dados de Teses e Dissertações (BDTD) de Instituições de Ensino Superior, Instituto Nacional de Serviço Social, Ministério do Trabalho e Previdência Social e DataSUS.

Em seguida, os dados obtidos da literatura serão plotados e analisados para comparar as variações da quantidade de casos confirmados utilizando a seguinte ferramenta de controle da qualidade total: Histograma. E neste ponto, as informações serão analisadas e definir-se-á medidas eficientes de forma que, ao serem executadas, possam mitigar as probabilidades de ocorrências de doenças provenientes do descarte inadequado de pneus.

### 3 I RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com a Secretaria de Vigilância da Saúde do Ministério da Saúde, entre os anos de 2011 e 2016 os casos envolvendo agentes transmissores de doenças que usam o pneu como vetor de proliferação tiveram oscilações significativas entre o número de casos e o de óbitos confirmados, conforme figuras 4 e 5 seguintes.

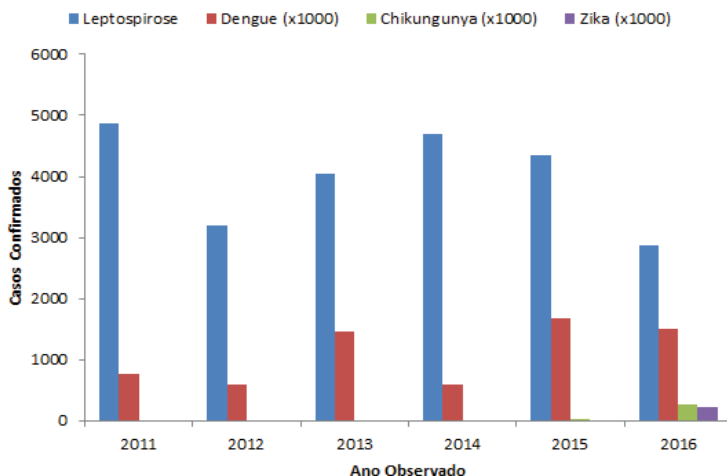


Figura 4: Total de casos das doenças transmitidas por agentes que usam o pneu descartado inadequadamente como local de proliferação.

Fonte: BRASIL, 2017

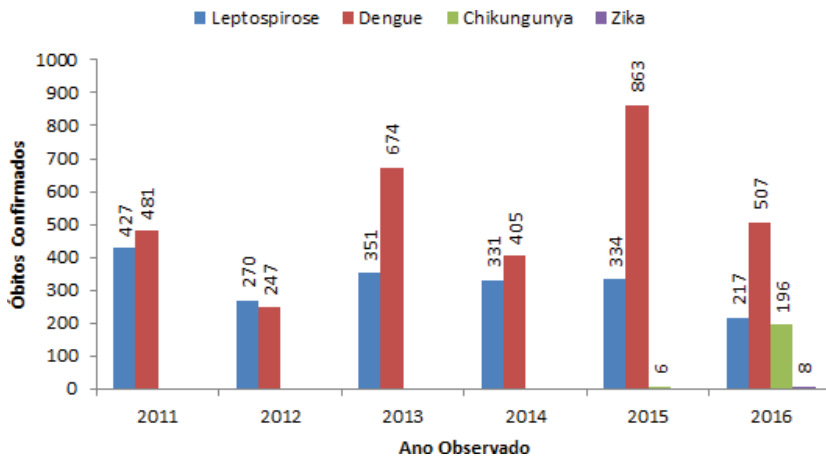


Figura 5: Número de óbitos provenientes doenças transmitidas por agentes que usam o pneu descartado inadequadamente como local de proliferação

Fonte: BRASIL, 2017

É plausível considerar o descarte inadequado de pneus em ambientes urbanos como vetor colaborador para que os agentes transmissores dos vírus supracitados nas figuras 4 e 5 tenham as condições necessárias para sua proliferação tenham influenciado tais resultados. Uma das ações de combate à proliferação destas epidemias inclui o recolhimento de pneus inservíveis e a redução do consumo causada pela crise econômica deflagrada em 2015, conforme figura 6 demonstra.

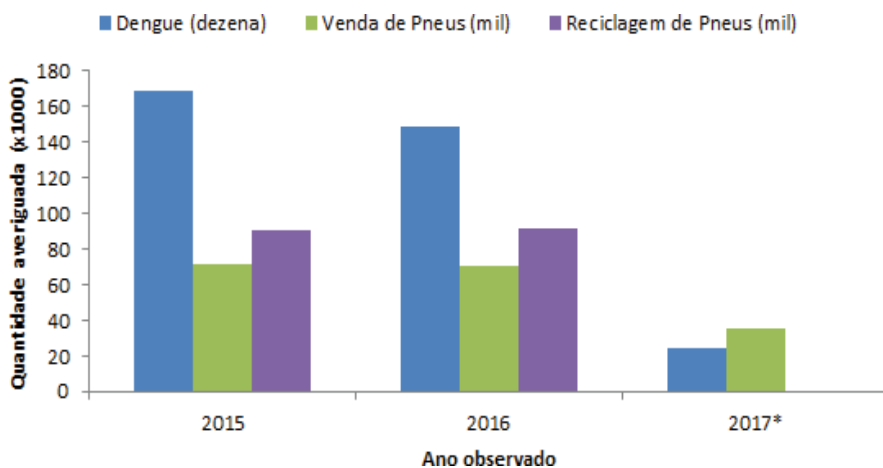


Figura 6: Relação entre os números de ocorrências de casos de dengue relacionados ao descarte inadequado de pneus, ao número de pneus vendidos e ao número de pneus recolhidos. \*1º semestre

Fonte: próprio autor

É observável que os esforços realizados pelo Poder Público, através da promulgação

de legislação concomitante ao tema para o combate às doenças que tenham o pneu como vetor para contaminação e fonte de proliferação se mostraram eficazes em 2017 devido à crise econômica, afetando especialmente o setor automotivo, com queda da quantidade de venda de pneus e o aumento da taxa de recolhimento e reciclagem de pneus.

Por outro lado, a quantidade de casos confirmados acumulados registrados durante o período analisado mostra que houveram oscilações nos casos que envolvem o mosquito *aedes aegypti*, apontando efetividade das ações no ano seguinte de comparação quando há um aumento significativo e depois há um novo crescimento de casos, indicando que as ações de combate e prevenção promovidos pelo Poder Público através dos órgãos da área de saúde são meramente pontuais e que a participação da população nas políticas públicas de combate, controle e erradicação do agente transmissor se mostram limitadas ao remediar, isto é, quando se identifica um criadouro do mosquito e a vigilância sanitária é chamada a autuar o local, mas implica também que o surgimento de novas doenças cujo vetor é o *aedes aegypti*, como a chikungunya e o zika vírus, demonstraram que os efeitos de prevenção ainda são bastantes incipientes para os níveis de perigo que estas doenças causam à saúde humana.

No caso da leptospirose, cujo efeito do descarte dos pneus se mostra mais significativo, uma vez que o objeto é local para reprodução de ratos, cuja urina acumulada em pneus, quando em período chuvoso, se espalha e contamina locais susceptíveis à enchentes, o que torna a doença com raio de ação mais reduzido quando comparado ao *Aedes aegypti*, permitindo controlar com maior cuidado a quantidade de casos e as ações de controle serem mais adequadas, de forma a reduzir o número de óbitos ao longo do período analisado, conforme figura 5 desponta.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A coleta e destinação adequada de pneus inservíveis se mostram como fatores colaborativos para o controle de vetores propagadores de doenças epidemiológicas de grande impacto fitossanitário como a dengue, a chikungunya, o zika vírus e a leptospirose, permitindo também à sociedade obter retornos não somente no quesito sanitário, mas expansível às questões econômicas, sociais e ambientais envolvidas com a logística reversa do pneu de rodagem.

Destaca-se que o *Aedes aegypti* possui um nível de adaptabilidade muito superior aos roedores quanto ao ambiente urbano para proliferação, o que torna seu combate quanto ao recolhimento de pneus inservíveis no meio ambiente limitado, porém se mostra eficiente quanto ao combate à leptospirose, já que o pneu serve de ambiente reprodutivo e de camuflagem para os roedores. Assim, as resoluções publicadas pelo CONAMA que implica no recolhimento de pneus inservíveis e na destinação adequada se mostram pertinentes quanto as limitações que a legislação prevê.

Face ao exposto, existe a necessidade por parte do Poder Público em executar medidas mais efetivas no tocante à prevenção e controle da proliferação de agentes transmissores e que possam ter efeitos sobre o conscientizar da população por longo prazo, uma vez que as ações realizadas pelas esferas municipal, estadual e federal até então têm caráter meramente remediador e ocorrem em períodos de grandes eventos públicos e/ou cívicos, como os períodos eleitorais, gerando altos custos para o erário público no tangente às internações e recuperação, quando não levados ao óbito, dos infectados pelas doenças epidemiológicas.

Somam-se as consequentes aplicações insuficientes de recursos na prevenção de tais doenças, assim como pelas restrições legais de capilaridade da legislação no que trata da coleta e destinação de pneus inservíveis, não garantindo uma intervenção adequada nas causas que possam mitigar as probabilidades de proliferação dos agentes transmissores e consequentemente a contabilização de confirmações de óbitos provocados indiretamente pelo descarte inadequado do objeto de estudo.

## REFERÊNCIAS

ADISSI, P. *et al.* **Gestão ambiental das unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

AKATU. **Descarte inadequado de pneus gera prejuízos à sociedade**. Disponível em <https://www.akatu.org.br/> Acesso em 30/08/2021.

AUTOMOTIVEBUSINESS – AB. **Brasil recicla 89 milhões de pneus em 2014**. Disponível em <http://www.automotivebusiness.com.br/> Acesso em 30/08/2021.

BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. **Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa**. Estudos Avançados 22(64):53-72, 2008.

BRASIL. **Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos, altera a lei nº 9.605/98 e dá outras providências**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

\_\_\_\_\_. **Descrição da doença**. Disponível em <http://portalms.saude.gov.br/> Acesso em 01/09/2021.

\_\_\_\_\_. **Situação epidemiológica e enfrentamento da dengue, chikungunya e zika**. Brasília: Secretaria de Vigilância da Saúde, 2017.

BRIDGESTONE. **Bridgestone explica as estruturas do pneu**. Disponível em <http://www.bridgestone.com.br/> Acesso em 02/09/2021.

BRITISH BROADCASTING CHANNEL – BBC. **Deslizamento em Niterói pode ter deixado 200 soterrados**. Publicado em 2010. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/> Acesso em 03/09/2021.



CONTE, Á. A. **O custo econômico de doenças respiratórias: estudo de caso na cidade do gama, distrito federal.** Dissertação. 101 fls (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente). Universidade de Brasília, 2010. Disponível em <http://www.repositorio.unb.br/> Acesso em 09/12/2017.

CONTINENTAL. **Tudo sobre pneu.** Disponível em <https://www.conti.com.br/> Acesso em 13/12/2017.

ESTADÃO. **Lixo em decomposição causou deslizamento em Niterói, diz governo.** Publicado em 2010. Disponível em <http://brasil.estadao.com.br/> Acesso em 01/09/2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. **Dossiê sobre pneus.** Disponível em <http://direitosp.fgv.br/> Acesso em 31/08/2021.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica.** 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2011.

MARTINS, F. S. V.; CASTIÑEIRAS, T. M. P. P. **Leptospirose.** Disponível em <http://www.cives.ufrj.br/> Acesso em 31/08/2021.

MENDES, T. *et al.* **Desabamento soterra dezenas de casas em Niterói.** Publicado em 2010. Atualizado em 2011. Disponível em <https://oglobo.globo.com/> Acesso em 04/09/2021.

MICHELIN. **Saiba como é um pneu Michelin por dentro.** Disponível em <http://www.michelin.com.br/> Acesso em 01/09/2021.

PARRA, C. V.; NASCIMENTO, A. P. B.; FERREIRA, M. L. **Reutilização e reciclagem de pneus e os problemas causados por sua destinação incorreta.** In: XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica. São José dos Campos: UNIVAP, 2010.

SANCHES, M. **Estimativa é que dengue tenha custado ao país R\$2,2 bilhões.** Disponível em <https://oglobo.globo.com/> Acesso em 02/09/2021.

SERVIÇO SOCIAL DO TRANSPORTE – SEST. **Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartados por ano no Brasil.** Disponível em <http://www.sestsenat.org.br/> Acesso em 31/08/2021.

TRIBUNA DO PARANÁ. **Doenças respiratórias geram afastamento de trabalho.** Disponível em <http://www.tribunapr.com.br/> Acesso em 31/08/2021.

## ANÁLISE DAS ABORDAGENS DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NO SERVIÇO DE TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS POR METRÔS

Data de aceite: 01/10/2021

**Carlos Eduardo Sanches de Andrade**

Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) –  
Engenharia de Transportes  
Aparecida de Goiânia – GO

**RESUMO:** O setor de transportes é responsável por uma parcela das emissões globais de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>. Os estudos científicos publicados sobre emissões de CO<sub>2</sub> pelos sistemas de transportes de passageiros tratam basicamente de resultados envolvendo apenas as emissões relacionadas ao consumo dos combustíveis dos automóveis e ônibus. Nos metrô, geralmente são consideradas as emissões relacionadas à geração da energia elétrica necessária para prover a força de tração dos trens. Com isso, esse estudo visa fornecer uma contribuição científica no estudo geral das emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrô, definindo conceitualmente cinco abordagens de cálculos e realizando uma análise comparativa dos resultados das emissões de CO<sub>2</sub> por automóveis, ônibus e metrô. O resultado dessa pesquisa permitiu quantificar a real contribuição dos metrô quanto à redução das emissões totais do setor de transportes. Na abordagem da energia de tração dos trens, concluiu-se que os Metrô de São Paulo e Rio de Janeiro emitem 21,6 vezes menos que os automóveis e 16,6 vezes menos que os ônibus.

**PALAVRAS-CHAVE:** emissões; CO<sub>2</sub>; automóveis; ônibus; metrô.

### ANALYSIS OF APPROACHES TO CO<sub>2</sub> EMISSIONS IN PUBLIC RAIL PASSENGER TRANSPORT SERVICE

**ABSTRACT:** The transportation sector is responsible for a portion of global emissions of carbon dioxide - CO<sub>2</sub>. The published scientific studies on CO<sub>2</sub> emissions by passenger transport systems treat basically results involving only the emissions related to fuel consumption of cars and buses. In the subways, are generally considered the emissions related to the generation of electrical energy needed to provide the traction force trains. Thus, this study aims to provide a scientific contribution to the general study of CO<sub>2</sub> emissions by subways, conceptually defining five approaches of calculations and conducting a comparative analysis of CO<sub>2</sub> emissions by cars, buses and subways. The result of this research allowed to quantify the actual contribution of the subways on the reduction of total emissions from the transportation sector. In the traction power trains approach, it was concluded that the subways of São Paulo and Rio de Janeiro emit 21.6 times less than cars and 16.6 times less than buses.

**KEYWORDS:** emissions; CO<sub>2</sub>; automobiles; buses; subways.

## 1 | INTRODUÇÃO

As emissões de gases do efeito estufa - GEE pelos metrô, medidos em dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, podem ser calculadas e

analisadas sob diferentes abordagens, dependendo dos aspectos a serem considerados. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é analisar a emissão de CO<sub>2</sub> pelos metrô, definindo conceitualmente cinco abordagens de emissões e apresentando resultados de aplicações de todas essas abordagens, comparando seus resultados com as emissões de CO<sub>2</sub> dos principais meios de transporte urbano de passageiros do mundo: os automóveis e os ônibus. Os GEE estão associados a alterações climáticas, incluindo o aumento médio na temperatura global e suas consequências prejudiciais para a humanidade. O principal gás do efeito estufa é o CO<sub>2</sub>. Gabrielle *et al.* (2013) relatam que, ao mesmo tempo em que gera inúmeros benefícios para a sociedade, o setor de transportes também é responsável por grandes impactos ambientais. A emissão de GEE no setor de transportes responde por cerca de 25% do total de emissões globais, sendo o transporte privado responsável pela maior parte dessas emissões, com a estimativa que, até 2050, a energia utilizada nos sistemas de transporte dobre, tendo como base o ano de 2008, o que aumentaria ainda mais a emissão desses gases, caso ações de mitigação dessas emissões não sejam implantadas (IEA, 2009). Governos vêm criando políticas de estímulo à redução da emissão de GEE. Algumas cidades definiram quantitativamente objetivos de redução, como, por exemplo, Londres, que estabeleceu programa de redução de emissões de carbono no setor de transportes, estabelecendo o corte de 60% das emissões até 2025, tendo como base o ano de 1999 (LU, 2009). O transporte público de Nova Iorque estabeleceu uma meta de redução global de 80% na emissão de GEE até 2050, tendo como base o ano de 2008 (MTA, 2009). No Estado do Rio de Janeiro foram estabelecidos, pelo decreto 43.216 de 30/09/2011, objetivos de redução, até 2030, de 30% nas emissões de GEE pelos transportes, em relação ao ano de 2010. Nesse contexto os metrô aparecem como parte da solução para um transporte sustentável. Para uma avaliação mais precisa da emissão de CO<sub>2</sub> pelos metrô é necessário considerar outros aspectos além das emissões durante a operação do sistema. A avaliação de outras abordagens de emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrô irá mostrar uma visão mais precisa da real dimensão da emissão causada pelos metrô.

Este trabalho analisa a influência dos sistemas de transporte de passageiros por metrô na emissão de CO<sub>2</sub>, sob cinco diferentes abordagens: a) emissão total produzida, de acordo com o inventário de emissões; b) emissão operacional; devida à energia elétrica total consumida na operação do sistema; c) emissão da energia elétrica de tração; d) emissão evitada pela própria existência do metrô, que diminui o uso de outros meios de transporte mais poluentes; e) emissão durante o ciclo de vida do sistema, desde a construção até seu fim de vida.

Este artigo está assim subdividido: Na Seção 2 são descritas as emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrô, apresentando os conceitos das cinco abordagens de emissões definidas; na Seção 3 são apresentadas e analisadas aplicações das cinco abordagens utilizadas na determinação das emissões por metrô do mundo, comparando esses resultados obtidos com a emissão dos automóveis e ônibus; Ao final, na Seção 4, são apresentadas

as conclusões.

## 2 | METODOLOGIA

Metrôs, assim como outras empresas, contabilizam suas emissões seguindo o GHG Protocol - *Greenhouse gas protocol*, que é uma ferramenta utilizada para entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE. Esta ferramenta foi originalmente desenvolvida nos Estados Unidos, em 1998, pelo WRI - *World Resources Institute*, sendo hoje utilizada mundialmente pelas empresas e governos para a realização de inventários de GEE (WRI, 2013). Essa metodologia é compatível com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) (IPCC, 2016) e com a Norma ISO 14.064 - gases de efeito estufa. De acordo com essa metodologia, o inventário de emissões de GEE da empresa será composto de três partes, denominadas “escopos”.

### 2.1 Emissões totais de CO<sub>2</sub> pelos metrôs - Inventários de emissões de GEE

No escopo 1 são calculadas as emissões diretas, ou seja, as emissões produzidas diretamente por fontes que pertencem ou são controladas pela empresa. No escopo 2 são relacionadas as emissões indiretas pelo consumo da eletricidade. O escopo 3, item opcional, cobre outras emissões indiretas, por fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa, podendo ser levantado em diferentes itens (ISO, 2007).

#### 2.1.1 Emissões diretas pelos metrôs - Escopo 1

Por não utilizar combustíveis fósseis em larga escala, já que o “combustível” dos trens dos metrôs é a energia elétrica, que não é gerada localmente e sim adquirida de terceiros, a emissão direta de CO<sub>2</sub> pelos metrôs é usualmente pequena.

#### 2.1.2 Emissões indiretas, pela eletricidade, pelos metrôs - Escopo 2

Os metrôs estão entre os maiores consumidores individuais de energia elétrica. O Metrô de Londres consome mais de 1 TWh por ano, valor responsável por 2,8% de todo o consumo da cidade, sendo o seu maior consumidor individual. Suas emissões de CO<sub>2</sub> por eletricidade representam cerca de 82% do total de emissões do metrô, sendo 2/3 provenientes dos serviços de trens (LU, 2009). De acordo com MTA (2008) o Metrô de Nova Iorque consome 3,4 TWh a cada ano. Em 2016, a operação do Metrô de São Paulo consumiu 568.000 MWh, sendo a tração elétrica dos trens responsável por aproximadamente 70% da energia consumida (Metrô de São Paulo, 2017). O valor das emissões depende das fontes energéticas utilizadas pelo sistema gerador dessa energia. Nesse aspecto, o Brasil é favorecido por utilizar predominantemente fontes hidroelétricas, de menor emissão que as térmicas. Em 2016, de acordo com dados do EPE (2017), as usinas hidrelétricas e outras fontes renováveis foram responsáveis por cerca de 82% da geração de energia elétrica no

Brasil.

### *2.1.3 Outras emissões indiretas pelos metrôs - Escopo 3*

Existem outros tipos de atividades necessárias ao funcionamento dos metrôs, porém não ligadas diretamente à operação do sistema, como o tratamento do lixo e efluentes e outras. Todas essas atividades produzem as outras emissões indiretas, que podem ou não ser contabilizadas.

## **2.2 As cinco abordagens das emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrôs**

Existem diferentes abordagens para estimar a emissão de CO<sub>2</sub> pelos metrôs, dependendo dos aspectos a serem considerados. Na sequência, serão definidas cinco abordagens das emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrôs.

### *2.2.1 Abordagem da emissão total produzida:*

É aquela descrita no inventário de emissões de GEE, de acordo com a soma dos resultados dos 3 escopos da Norma ISO 14.064.

### *2.2.2 Abordagem da emissão operacional*

É a emissão de CO<sub>2</sub> relacionada a toda operação do metrô, ou seja, a todo o consumo de eletricidade necessário à operação do sistema, seja a energia das estações, das instalações operacionais, de tração dos trens e outras, sendo amplamente utilizada para fins de comparação de resultados entre os metrôs (CoMet, 2016). A diferença da abordagem da emissão operacional para a abordagem da emissão produzida é que enquanto esta considera todos os três escopos a primeira considera somente as emissões do escopo 2, pelo uso da eletricidade, desconsiderando as emissões do escopo 1 e do escopo 3.

### *2.2.3 Abordagem da emissão da energia de tração dos trens do metrô*

É a emissão de CO<sub>2</sub> relacionada somente ao “combustível” dos trens do metrô, que é a eletricidade que realiza a movimentação dos trens. Ela está diretamente ligada ao consumo de energia de tração dos trens, desprezando outros tipos de consumo de energia elétrica do sistema, como em prédios administrativos, estações, etc. Se trata de um componente das emissões do escopo 2, sendo a mais apropriada para a comparação de resultados com outros meios de transportes, visto que ela analisa somente a emissão provocada pelo combustível.

### *2.2.4 Abordagem da emissão evitada pela existência do metrô*

As emissões evitadas pela existência do metrô em uma grande cidade devem ser

calculadas através do fator “*mode shift*”, que tem como conceito o fato de que, sem a existência de um metrô, a cidade teria uma circulação muito maior de outros meios de transportes mais poluentes. A diferença entre a emissão evitada e a produzida fornecerá a emissão evitada líquida. Esse fator “*mode shift*” foi sugerido inicialmente em estudo da *American Public Transportation Association - APTA* (2009), envolvendo todo o sistema de transporte público da cidade de Nova Iorque. É importante ressaltar a existência e importância do fator “*congestion relief*”, onde o trânsito, sem a existência ou implantação do metrô, traria às ruas mais veículos em circulação, aumentando as emissões de CO<sub>2</sub> do setor de transporte de uma grande cidade APTA (2009). É possível estabelecer diferentes metodologias para se chegar ao resultado das emissões líquidas evitadas. As emissões líquidas evitadas serão determinadas por meio da diferença entre a emissão produzida pelo sistema e a sua emissão evitada. Pode-se concluir, por meio do resultado dessa diferença, se o metrô possui emissão líquida positiva ou negativa. A emissão líquida positiva significa que o metrô produz mais do que evita. A emissão líquida negativa significa que a existência do metrô compensa as emissões produzidas e ainda evita certa quantidade de emissão de GEE.

### 2.2.5 Abordagem da emissão durante o ciclo de vida do metrô

É a estimativa da quantidade de CO<sub>2</sub> emitida durante o tempo de vida útil do metrô, em cada estágio do ciclo de vida, desde a construção do sistema até seu fim de vida, incluindo a operação e a manutenção. A emissão de CO<sub>2</sub> nos metrôs ocorre nas diversas fases do seu ciclo de vida, conforme a figura 1.

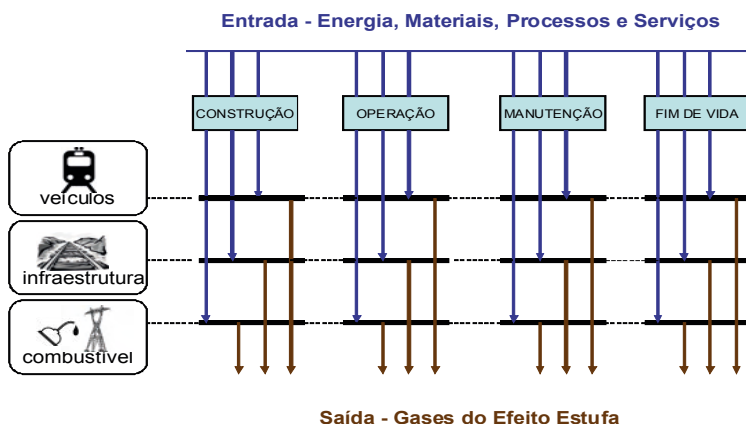


Figura 1 - Modelo conceitual dos componentes do ciclo de vida dos metrôs

A norma ISO 14.040 aborda a emissão de CO<sub>2</sub> sob a avaliação do ciclo de vida, definindo-a como “compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida” (ISO, 2009).

A infraestrutura e os veículos compreendem as etapas de construção, operação, manutenção e fim de vida. O combustível, que no metrô é usualmente a eletricidade, tem apenas a etapa de construção (ou seja: a geração da energia elétrica). Portanto a abordagem do ciclo de vida nos metrôs pode ser dividida em componentes operacionais (operação dos veículos e operação da infraestrutura) e não operacionais (construção da infraestrutura, construção dos veículos, manutenção da infraestrutura e manutenção dos veículos). A construção da infraestrutura do metrô inclui etapas como a construção de túneis, elevados e estações; a construção das estruturas que suportam os trilhos e a alimentação energética; e a manufatura dos insumos utilizados nessas construções e nos trilhos. A construção dos veículos inclui a fabricação dos trens e veículos de apoio. A manutenção da infraestrutura e dos veículos inclui a manufatura das peças de manutenção. As escassas pesquisas publicadas sobre avaliações no ciclo de vidas em metrôs têm diferentes abordagens de escopo, contribuindo para dificuldades de comparação entre os estudos realizados. Os processos de fabricação do cimento e do aço, muito utilizados nos metrôs, consomem grandes quantidades de energia. São liberadas na produção de uma tonelada de cimento, de 0,65 a 0,92 tCO<sub>2</sub>, com uma média mundial de 0,83 tCO<sub>2</sub> (IEA, 2007). A produção de uma tonelada de aço libera em média 1,9 tCO<sub>2</sub> (WA, 2018). As emissões de CO<sub>2</sub> pela indústria de cimento em todo o mundo são responsáveis por cerca de 5% das emissões globais (Worrel *et al.*, 2001). A construção da infraestrutura de um metrô é a mais representativa das fases não operacionais quanto à emissão de CO<sub>2</sub> (Morita *et al.* 2011).

### 3 | RESULTADOS

A medição que melhor permite fazer comparações e tirar conclusões é a emissão por pass-km.

#### 3.1 Aplicação da abordagem da emissão total produzida:

A figura 2 mostra um quadro comparativo entre as emissões por pass-km dos metrôs analisados e dos automóveis e ônibus.

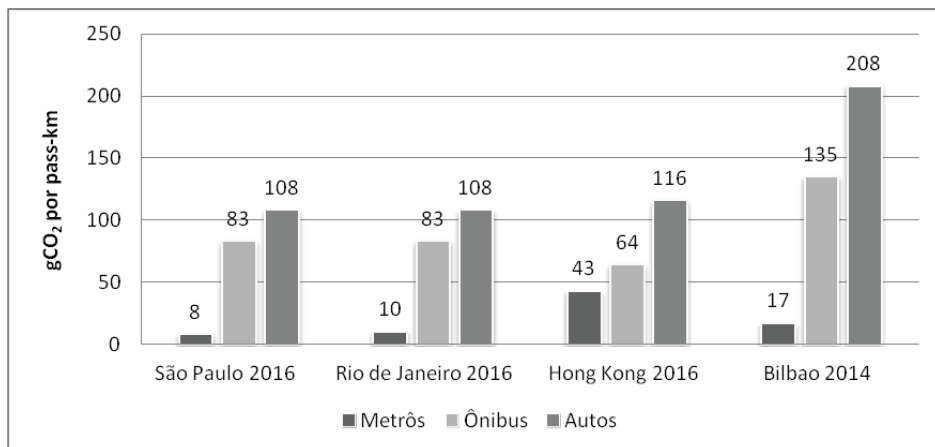


Figura 2 - Emissões totais produzidas, em gCO<sub>2</sub> por pass-km, dos metrô, ônibus e automóveis. (Fontes: Metrô de São Paulo, 2017; MetrôRio, 2018; MTR, 2017; Leung e Jewell, 2013; Metrô de Bilbao, 2015 e Metrô de Bilbao, 2018).

Mas ainda assim, apesar da forma desvantajosa de comparação, observa-se que os metrô têm emissão bem menor que os automóveis (de 2,7 a 13,5 vezes) e ônibus (de 1,5 a 10,4 vezes) nos sistemas analisados, com os melhores desempenhos dos Metrô de São Paulo e do Rio de Janeiro.

### 3.2 Aplicação da abordagem da emissão operacional:

Para aplicação dessa abordagem é necessário o levantamento de toda a eletricidade consumida pela empresa metroviária, ou seja, o resultado do escopo 2 do inventário de emissões de GEE. O CoMet/Nova é um grupo internacional composto de metrô. Em 2016, as emissões desse grupo, pela abordagem operacional, apresentaram resultados que variaram de 5 a 156 gCO<sub>2</sub> por pass-km, com valor médio de 48 (MetrôRio, 2018). No Metrô do Rio de Janeiro, em 2016, foi de 7 gCO<sub>2</sub> por pass-km (MetrôRio, 2018). No Metrô de São Paulo, em 2016, a emissão sob essa mesma abordagem foi também de 7 gCO<sub>2</sub> por pass-km (Metrô de São Paulo, 2017). Considerando a emissão média de ônibus e automóveis, respectivamente, de 83 e 108 gCO<sub>2</sub> por pass-km (Metrô de São Paulo, 2017), conclui-se que as emissões sob a abordagem operacional dos Metrô do Rio de Janeiro e de São Paulo são 15,4 vezes menores que as dos automóveis e 11,9 vezes menores que as dos ônibus. A figura 3 apresenta resultados das emissões, sob a abordagem operacional, em três metrô internacionais, comparando os seus resultados com as emissões dos automóveis e ônibus. Há uma vantagem dos metrô na emissão, que, nos três exemplos dos metrô varia de 1,1 a 9,0 vezes menores que a dos ônibus e de 1,7 a 13,9 vezes menores que a dos automóveis.



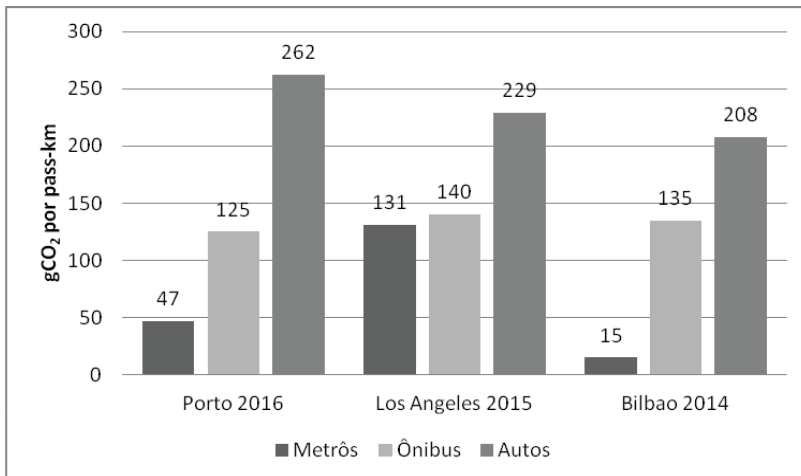


Figura 3 - Emissões operacionais, em gCO<sub>2</sub> por pass-km, dos metrô, ônibus e automóveis. (Fontes: Metrô do Porto, 2017; Metrô de Los Angeles, 2016; MJB & A (2014); Metrô de Bilbao, 2015 e 2018)

O bom desempenho quanto a menor emissão de CO<sub>2</sub> pelos metrô brasileiros ocorre em virtude das diferentes matrizes energéticas usadas na geração de energia, do consumo de eletricidade e da carga de pass-km. O Brasil utiliza predominantemente fontes hidrelétricas. Na maioria dos países existe a predominância de fontes com um *mix* de carvão, óleo e gás (CoMet, 2016).

### 3.3 Aplicação da abordagem da emissão da energia de tração dos trens dos metrô

A tabela 1 mostra os resultados das emissões dos automóveis, ônibus e trens dos metrô em 4 cidades. Os Metrô do Rio e São Paulo apresentaram os melhores resultados. Todos os metrô têm emissão menor que carros e ônibus.

Países	Cidades	Autos	Ônibus	Metrô	Ano base	Fontes
Brasil	São Paulo	108	83	5	2016	Metrô de São Paulo (2017)
Brasil	Rio de Janeiro	108	83	5	2016	MetrôRio (2018)
China	Hong Kong	116	64	32	2016	MTR (2017) e Leung e Jewel (2013)
Inglaterra	Londres	267	89	49	2015	Carbon Independent (2015)

Tabela 1 – Emissões da energia de tração, em gCO<sub>2</sub>/pass-km, de autos, ônibus e metrô.

Conclui-se que as emissões pela energia de tração dos trens, por pass-km, nos Metrô do Rio de Janeiro e de São Paulo são menores, respectivamente: 21,6 vezes que a dos automóveis e 16,6 vezes que a dos ônibus. Apenas o Metrô de Baltimore apresentou

valor de emissão, por pass-km, superior a dos ônibus, em virtude da baixa taxa de ocupação, com apenas 17% na média (FTA, 2010).

### 3.4 Aplicação da abordagem da emissão evitada pela existência do metrô

Alguns metrô publicaram dados sobre a emissão evitada pela existência de seus sistemas, como os Metrô do Porto e de São Paulo. INVEPAR (2017) realizou esse estudo para o Metrô do Rio. A tabela 2 apresenta um resumo dos resultados encontrados.

	São Paulo	Rio de Janeiro	Porto
Ano base das emissões	2016	2016	2016
Emissões produzidas	Energia de operação do sistema	Energia de tração dos trens	Energia de tração dos trens
	44.000 tCO <sub>2</sub>	13.360 tCO <sub>2</sub>	10.903 tCO <sub>2</sub>
Emissões evitadas	<i>“mode shift” + “congestion relief”</i>	<i>“mode shift”</i>	<i>“mode shift”</i>
	937.800 tCO <sub>2</sub>	96.580 tCO <sub>2</sub>	62.172 tCO <sub>2</sub>
Resultado = Emissões líquidas evitadas	- 893.400 tCO <sub>2</sub>	-83.820 tCO <sub>2</sub>	- 51.269 tCO <sub>2</sub>
Nº toneladas evitadas / tonelada produzida 1	21	7,2	5,7
FONTES	Metrô de São Paulo (2017)	INVEPAR (2017)	Metrô do Porto (2017)

Tabela 2 - Emissões líquidas evitadas dos Metrô de São Paulo, Rio de Janeiro e Porto.

A cidade do Porto teve o resultado menos significativo em função da matriz energética local, já que Portugal importa 90% da energia primária que utiliza, onde grande parte dessa energia é de origem térmica (Lisboa e-Nova, 2010), que são as fontes de energia mais emissoras do mundo. No Brasil, existe a predominância da fonte hidroelétrica na geração da energia elétrica, que se trata da fonte energética com menor impacto na emissão de GEE. Há uma menor utilização de fontes térmicas na geração da energia elétrica do Brasil do que comparado a Portugal (IPEA, 2011).

### 3.5 Aplicação da abordagem durante o ciclo de vida do metrô

Chester (2008) e Chester e Hovarth (2009a) avaliaram alguns metrô dos Estados Unidos com o objetivo de construir um inventário de ciclo de vida. Determinaram o impacto das fases não operacionais quantificando o crescimento das emissões em relação às fases operacionais, considerando o ciclo de vida. Os resultados desses estudos, divulgados em percentuais de emissões superiores das fases não operacionais comparadas às emissões

das fases não operacionais, foram de: 75% no Metrô de Chicago; 94% no Metrô de Nova Iorque; 119% na Linha BART do Metrô de São Francisco; e de 146% na Linha MUNI do Metrô de São Francisco. Chester e Hovarth (2009b) afirmam que o consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub> nos metrôs são mais fortemente influenciados pelos componentes não operacionais do que nos sistemas de transporte rodoviários ou aéreos. Chang e Kendall (2011) analisaram o projeto de construção da infraestrutura de uma ferrovia ligando São Francisco a Anaheim, sendo concluído que esse sistema evitaria, por ano, a emissão de 1,15 milhões de tCO<sub>2</sub>, resultando em cerca de 2 anos para a recuperação dos efeitos da emissão de CO<sub>2</sub>. Morita *et al.* (2011) realizaram abrangente estudo do ciclo de vida de ferrovias e o aplicaram em uma ferrovia na cidade de Tóquio, no Japão. Encontraram valores em que, a partir do 22º ano após a inauguração, a emissão operacional já seria maior que a da construção da infraestrutura.

Andrade e D'Agosto (2016) analisaram o ciclo de vida da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro abrangendo as fases de construção da infraestrutura, fabricação dos trens, manutenção e operação dos trens e da infraestrutura encontrando, para um período de 60 anos de funcionamento, o valor médio de 13,90 gCO<sub>2</sub>/pass-km. Silva *et al.* (2017) avaliaram a construção da infraestrutura e fabricação de trens da Linha 5 do Metrô de São Paulo encontrando uma emissão de 31 mil tCO<sub>2</sub> por quilômetro construído.

## 4 | CONCLUSÕES

A emissão de CO<sub>2</sub> pelos metrôs pode ser analisada sob diferentes abordagens, sendo definidas 5 diferentes abordagens nesse trabalho.

Foi realizada uma análise comparativa dos resultados das emissões de CO<sub>2</sub> pelos metrôs, sob as cinco abordagens, com as emissões de outros meios de transporte de passageiros (automóveis e ônibus), sendo possível concluir que os metrôs levam vantagem em relação ao menor impacto na emissão de CO<sub>2</sub> do que os automóveis e ônibus. Somente nos metrôs com uso extensivo de fontes térmicas ou baixa carga de utilização é que eventualmente os ônibus poderiam ter uma emissão menor, dependendo de sua carga. Esse estudo permitiu quantificar que os metrôs brasileiros levam grande vantagem em relação à maioria dos metrôs do resto do mundo, em virtude de disporem de uma matriz energética baseada em hidrelétricas, com pouco uso de fontes térmicas. Em estimativas conservadoras, considerando os resultados da abordagem da emissão de tração, os Metrôs do Rio de Janeiro e de São Paulo apresentam emissões médias menores do que os outros meios de transportes de passageiros: até 21,6 vezes menor que os automóveis e até 16,6 vezes menor que os ônibus.

As abordagens da emissão operacional e da emissão produzida não alteram muito esses resultados porque, geralmente, a emissão da energia de tração dos trens é o maior componente da emissão total, tipicamente uma fração maior que 2/3 da emissão total. A

abordagem mais usual e adequada para fins de comparação de resultados de emissões com outros meios de transportes é a da emissão da energia de tração dos trens.

A abordagem da emissão evitada pela existência do sistema metroviário, por si só, já é uma evidência da superioridade do metrô em relação ao menor impacto na emissão. A existência da emissão evitada líquida revela que o metrô analisado possibilitou um menor uso de outros meios de transporte mais poluentes, contribuindo para a redução da emissão. Foram encontrados resultados de estudos indicando que, para cada tonelada de GEE emitida pelos metrôs cerca de 5,7 a 21 toneladas são evitadas. O melhor resultado encontrado para essa abordagem foi para o Metrô de São Paulo, que considerou na metodologia adotada, além do fator “*mode shift*”, também o fator “*congestion relief*”.

A proposta para trabalhos futuros consiste em realizar novos estudos que proporcionem o levantamento das emissões de CO<sub>2</sub> na fase de construção de metrôs brasileiros, a fim de realizar novas aplicações práticas da abordagem da emissão do ciclo de vida dos metrôs brasileiros.

## REFERÊNCIAS

Andrade, C. E. S. e D’Agosto, M. A. (2016) Energy use and carbon dioxide emissions assessment in the lifecycle of passenger rail systems: the case of the Rio de Janeiro Metro. *Journal of Cleaner Production* 126 pp. 526-536. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.094.

APTA (2009) Recommended practices for quantifying greenhouse gas emissions from transit. *American Public Transportation Association*. Disponível em <<http://www.apta.com/resources/hottopics/sustainability/Documents/Quantifying-Greenhouse-Gas-Emissions-APTA-Recommended-Practices.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

Carbon Independent (2015) Carbon Footprint Calculator. Disponível em <<http://www.carbonindependent.org/>>. Acesso em 15/09/18.

Chang, B. e Kendal, A. (2011) Life cycle greenhouse gas assessment of infrastructure construction for California’s high-speed rail system. *Transportation Research Part D*, vol. 16, pp. 429-434. DOI: 10.1016/j.trd.2011.04.004.

Chester, M. (2008) Life-cycle environmental inventory of passenger transportation in the United States. *Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental)*, Universidade da Califórnia, Berkeley. Disponível em <<http://escholarship.org/uc/item/7n29n303>>. Acesso em 15/09/18.

Chester, M. e Horvath, A. (2009a) Life-cycle energy and emissions inventory for motorcycles, diesel, automobiles, school buses and metropolitan rails. *Universidade da Califórnia*, Berkeley. Disponível em <<http://escholarship.org/uc/item/6z37f2jr.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

Chester, M. e Horvath, A. (2009b) Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters*, 2009, vol. 4, n. 2. DOI: 10.1088/1748-9326/4/2/024008.

CoMet (2016) Energy Costs, Renewables and CO<sub>2</sub> Emissions Nova Phase 18 Case Study. *Community of Metros*

CoMet (2012) Temperature and air quality – Final Report. Community of Metros.

EPE (2017) *Balanço energético nacional*. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2017_Web.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

FTA (2010) Public Transportation's Role in Responding to Climate Change. *Federal Transit Administration*. Disponível em <<https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/PublicTransportationsRoleInRespondingToClimateChange2010.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

Gabrielle, P. D., Brandão, L. C., Treinta, F. T., Mello, J. C. C. B. S. e Carvalho, R. (2013) Comparação internacional da eficiência ambiental dos modos de transporte rodoviário e ferroviário. *Journal of Transport Literature*, vol. 7, n. 1, pp. 212-229.

IEA (2007) Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions. *International Energy Agency*. Disponível em <[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking\\_emissions.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/tracking_emissions.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

IEA (2009) Transport, energy and CO<sub>2</sub>. *International Energy Agency*. Disponível em <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

INVEPAR (2017) Relatório anual de 2016. Disponível em <<http://www.invepar.com.br/show.aspx?idMateria=SwFQFeY/omjoioYraKOQ4g==>>. Acesso em 15/09/18.

IPEA (2011) Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*. Disponível em <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1606.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1606.pdf)> Acesso em 15/09/18.

ISO (2007) ISO 14.064:2007 - Gases de efeito estufa. *International Organization for Standardization*.

ISO (2009) ISO 14.040:2009 - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. *International Organization for Standardization*.

Leung, M. K. H. e Jewell, S. C. (2013) Carbon footprint management. Disponível em <<http://www6.cityu.edu.hk/aerc/cft/booklet/Guidelines%20E.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

Lisboa e-Nova (2010) Uma estratégia energético ambiental para a cidade de Lisboa. *Agência Municipal de Energia-Ambiente de Lisboa*. Disponível em <[http://www.cfn.ist.utl.pt/conf\\_energia/files/21\\_11\\_Apresentacao.pdf](http://www.cfn.ist.utl.pt/conf_energia/files/21_11_Apresentacao.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

LU (2009) London underground carbon footprint. *London Underground*. Disponível em <<http://content.tfl.gov.uk/london-underground-carbon-footprint-2008.pdf>> Acesso em 15/09/18.

Metrô de Bilbao (2015) Memoria de sostenibilidad. *Metrô Bilbao*. Disponível em <[https://www.metrobilbao.eus/assets/system/attachments/56cc111fbefd3a4513000b7a/original/MEMORIA\\_SOSTENIBILIDAD\\_2014.pdf?2016-02-23T07:58:23+00:00](https://www.metrobilbao.eus/assets/system/attachments/56cc111fbefd3a4513000b7a/original/MEMORIA_SOSTENIBILIDAD_2014.pdf?2016-02-23T07:58:23+00:00)>. Acesso em 15/09/18.

Metrô de Bilbao (2018) AENOR Verified CO2 environment carbon footprint certificate. Disponível em <<https://www.metrobilbao.eus/en/using-the-underground/map-and-frequencies/latest-news/nueva-pagina-en-15>>. Acesso em 15/09/18.

Metrô de Los Angeles (2016) Metro's 2016 Energy and Resource Report. *Metrô de Los Angeles*. Disponível em <[http://media.metro.net/projects\\_studies/sustainability/images/report\\_sustainability\\_energyandresource\\_2016.pdf](http://media.metro.net/projects_studies/sustainability/images/report_sustainability_energyandresource_2016.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

Metrô de São Paulo (2017) Relatório de Sustentabilidade de 2016. *Metrô de São Paulo*. Disponível em <<https://transparencia.metrosp.com.br/sites/default/files/Relat%C3%B3rio%20de%20Sustentabilidade%20-%20202016.pdf>> Acesso em: 15/09/18.

Metrô do Porto (2017) Relatório de Sustentabilidade de 2016. Metrô Porto. Disponível em <[https://www.metroporto.pt/uploads/document/file/420/metro\\_rel\\_sustentabilidade\\_03MAI.pdf](https://www.metroporto.pt/uploads/document/file/420/metro_rel_sustentabilidade_03MAI.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

MetrôRio (2018) – Inventário de emissões de gases do efeito estufa do metrô do Rio de Janeiro de 2015 e 2016 e outras informações. Disponibilizado pelo Diretor de Operações do MetrôRio Daniel Habib.

Morita, Y., Yamasaki, T., Shimizu, K., Kato, H. e Shibahara, N. (2011) A Study on Greenhouse Gas Emission of Urban Railway Projects in Tokyo Metropolitan Area. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 8.

MJB & A (2015) Updated Comparison of Energy Use & CO<sub>2</sub> Emissions From Different Transportation Modes. Disponível em <<https://www.buses.org/assets/images/uploads/general/Report%20-%20Energy%20Use%20and%20Emissions.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

MTA (2008) Renewable energy task report. *Metropolitan Transport Authority*. Disponível em <<http://web.mta.info/sustainability/pdf/MTA%20Renewable%20Energy%20Report%2010%2029%2008.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

MTA (2009) Greening mass transit. *Metropolitan Transport Authority*. Disponível em <<http://web.mta.info/sustainability/pdf/SustRptFinal.pdf>>. Acesso em 15/09/18.

MTR (2017) Sustainability Report. *Mass Transit Railway*. Disponível em <[http://www.mtr.com.hk/sustainability/2017rpt/en/corporate/sustainability/2017rpt/pdf/MTR\\_Full2017\\_Eng.pdf](http://www.mtr.com.hk/sustainability/2017rpt/en/corporate/sustainability/2017rpt/pdf/MTR_Full2017_Eng.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

Silva, C. B. P., Neto, R. C. S. e Aragão, W. A. (2017) Emissões de gases de efeito estufa associadas ao ciclo de vida de uma linha de metrô: Estudo de caso da Linha 5 – LILÁS do metrô de São Paulo. Disponível em <[http://www.aeamesp.org.br/wp-content/uploads/2017/09/artigo\\_GEE\\_LINHA5.pdf](http://www.aeamesp.org.br/wp-content/uploads/2017/09/artigo_GEE_LINHA5.pdf)> e <[http://www.aeamesp.org.br/23semana/wp-content/uploads/2017/09/rcs Arabia@metrosp.com\\_.br\\_.pdf](http://www.aeamesp.org.br/23semana/wp-content/uploads/2017/09/rcs Arabia@metrosp.com_.br_.pdf)>. Acesso em 15/09/18.

WA (2018) Steel's contribution to a low carbon future. *Worldsteel Association*. Disponível em <<https://www.worldsteel.org/publications/position-papers/steel-s-contribution-to-a-low-carbon-future.h>>. Acesso em 15/09/18.

Worrel, E., Price, L. e Martin, N. (2001) Carbon dioxide emissions from the global cement industry. *Annual Review of Energy and the Environment*. vol. 26, pp. 303-329. DOI: 10.1146/annurev.energy.26.1.303.

WRI (2013) *GHG Protocol*. World Resources Institute. Disponível em <<http://www.ghgprotocol.org>>. Acesso em 15/09/18.

## ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS TÉRMICAS TOTALES EN UN CONCENTRADOR SOLAR PTC USANDO ACEITE TÉRMICO SYLTHERM 800 COMO FLUIDO DE TRABAJO

*Data de aceite: 01/10/2021*

Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

### **Ernesto Enciso Contreras**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.  
ORCID: 0000-0003-4388-331X

### **Jesús de la Cruz Alejo**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.  
ORCID: 0000-0001-5072-3985

### **Juan Gabriel Barbosa Saldaña**

Instituto Politécnico Nacional, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, ESIME Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, Ciudad de México, México.  
ORCID: 0000-0001-8590-8082

### **María Belem Arce Vázquez**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

### **Irving Cardel Alcocer Guillermo**

Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.  
ORCID: 0000-0002-3008-8072

### **Sergio Maldonado Mercado**

Tecnológico de Estudios Superiores de

**RESUMEN:** En el presente trabajo se realiza el análisis térmico de las pérdidas de energía hacia el medio ambiente en el tubo absorbedor de un concentrador solar de canal parabólico, utilizando aceite térmico Syltherm 800 como fluido de trabajo el cual pretende alcanzar una temperatura de 200 °C. Los datos ambientales y los datos de irradiancia solar, corresponden a la zona del Valle de México, en el Estado de México. Los datos de irradiancia solar son promedios mensuales para los doce meses a lo largo de un año. El dato más importante para realizar el análisis térmico es el flujo másico del fluido de trabajo, el cual se considera constante a lo largo del tubo absorbedor. El flujo másico es de gran importancia ya que con este parámetro se determinan las temperaturas superficiales del tubo absorbedor y tubo transparente, de igual manera se determina el coeficiente de transferencia de calor del fluido de trabajo, para obtener el valor de pérdidas de flujo de calor de la zona focal, por último, se analiza el efecto que provocan las pérdidas de energía en la eficiencia térmica del concentrador solar.

**PALABRAS CLAVE:** Flujo de calor perdido, concentrador de canal parabólico, energía solar.



## OVERALL THERMAL LOSSES ANALYSIS FOR A PTC SOLAR COLLECTOR USING SYLTHETIC OIL SYLTERM 800 AS HEAT TRANSFER FLUID

**ABSTRACT:** The present work is focused on the analysis of the overall thermal losses in the absorber tube for a parabolic trough solar collector, using Syltherm 800 thermal oil as heat transfer fluid for pretending to reach a temperature of 200 °C. The environmental data and the solar irradiance values corresponds to the Mexico Valley zone in Mexico State. The solar irradiance are monthly average values for every month along the year. The most important parameter to carry on the thermal analysis is the mass flow, which is considered as constant along the entire absorber tube. The mass flow is important because is directly involved in the computation of the absorber tube surface temperatures, the coating tube surface temperatures and the heat transfer fluid coefficient to get the thermal losses for the PTC collector focal zone, finally, the thermal losses effect on the thermal efficiency is analyzed.

**KEYWORDS:** Thermal losses, parabolic trough collector, solar energy.

### 1 | INTRODUCCIÓN

La sobreexplotación de las fuentes convencionales de energía es un problema que sigue acrecentándose con el paso del tiempo, el cual afecta al mundo entero en distintos aspectos, como resultado de esta actividad, los precios de los combustibles fósiles se incrementan día con día lo que ocasiona su escasez en algunos lugares donde deben comprarlo a otros países. También, el uso de combustibles fósiles es la fuente principal de contaminación atmosférica causando disminución en la calidad del aire, afectando la salud humana y en general a toda la fauna terrestre. Otro problema a la cual se enfrenta la humanidad gracias a la quema de combustibles fósiles es el calentamiento global, su efecto está causando el aumento en la temperatura global del planeta y como consecuencia, el aumento de desastres naturales y el desequilibrio de ecosistemas a lo largo del mundo.

El uso de energías alternativas provocaría la disminución del uso de combustibles fósiles, ya que muchas necesidades energéticas de la humanidad pueden cubrirse en su totalidad con el uso de energías limpias, dentro de las energías renovables, la energía solar se presenta como una de las más útiles y eficientes para ser utilizada como fuente de energía, con distintos fines como son: calor de proceso en industrias, calentamiento de agua para uso doméstico y generación eléctrica a pequeña y gran escala. Cuenta con la ventaja de ser virtualmente inagotable, ya que la cantidad que llega al planeta es suficiente para satisfacer la demanda mundial, también cuenta con la desventaja de ser intermitente, sin embargo, se han desarrollado sistemas de almacenamiento para hacer uso de la energía captada por más tiempo del que dura su incidencia sobre la superficie del planeta.

Dentro de las tecnologías de dispositivos para aprovechamiento de la energía solar, los concentradores solares de canal parabólico son la tecnología termosolar más desarrollada y madura para llegar a temperaturas entre 60 y 400 °C, cuya energía puede ser aprovechada para calor de proceso en industrias, hospitales y hoteles o para generación de

energía eléctrica. Este tipo de concentradores pueden clasificarse de acuerdo al fluido de trabajo que se maneje en el tubo absorbedor, ya que pueden operar sin cambio de fase, es decir, el fluido de trabajo se mantiene en estado líquido o llevar a cabo la generación directa de vapor (Eck et al, 2003).

Se han desarrollado diversos proyectos relacionados a el uso de concentradores solares de canal parabólico, se enfocan en diversos aspectos como son el análisis del cambio de fase en el tubo absorbedor (Odeh, et al, 1998), el uso de distintos fluidos de trabajo, así como la inclusión de partículas en el fluido con el fin de incrementar el coeficiente global de transferencia de calor (Bellos et al, 2017) e incluso modificando el área transversal, la geometría y el espesor del tubo absorbedor, con el fin de obtener un rendimiento mayor y mejor aprovechamiento de la energía solar (Xiangtao, 2017).

En éste trabajo se desarrolla el análisis de pérdidas térmicas que se presentan en la línea focal de un concentrador solar de canal parabólico, considerando los datos ambientales y el recurso solar existente en el Valle de México, en el Estado de México.

## 2 | ANÁLISIS TÉRMICO

Para poder realizar el análisis térmico de un concentrador solar de canal parabólico, se parte de la geometría del mismo, ya que los parámetros geométricos están involucrados en todos los mecanismos de transferencia de calor presentes durante la transferencia de energía radiativa del Sol, hacia el fluido de trabajo.

El uso de aceites térmicos como fluido de trabajo posee algunas ventajas y actualmente son los más utilizados para transferir energía térmica, entre sus características térmicas más importantes está su baja capacidad calorífica, esto produce que el fluido necesite menor cantidad de energía para aumentar la temperatura del mismo, también presenta ventajas como: temperatura de ebullición alta, puesto que la temperatura utilizada por plantas solares para producir energía eléctrica, es de alrededor de 400 °C, tiene baja temperatura de congelación, estabilidad térmica, baja viscosidad, lo que ayuda en las pérdidas por fricción entre el fluido y el tubo, bajo costo y disponibilidad (Kalogirou, 2009).

La figura 1, muestra los mecanismos de transferencia de calor presentes en el tubo absorbedor de un concentrador de canal parabólico, considerando que se parte de la temperatura externa del tubo absorbedor, donde regularmente se coloca una superficie selectiva, es decir, un recubrimiento que tiene alto valor de absorción y bajo valor de emitancia. La temperatura del tubo absorbedor provoca la pérdida de energía más grande, a través del mecanismo de radiación térmica, posteriormente pasa a través del espacio entre los tubos, atraviesa el tubo transparente y finalmente hacia el aire del medio ambiente por convección y radiación.

Las características geométricas del concentrador solar parten del diámetro externo del tubo absorbedor y las temperaturas del fluido de trabajo, es decir, la temperatura a

la que ingresa al concentrador y la temperatura a la que se desea que se llegue, para el trabajo actual será de  $T_{re}$  y tomando la temperatura ambiente como la temperatura inicial del fluido de trabajo, cuyo valor promedio para el Valle de México es de  $16.29\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

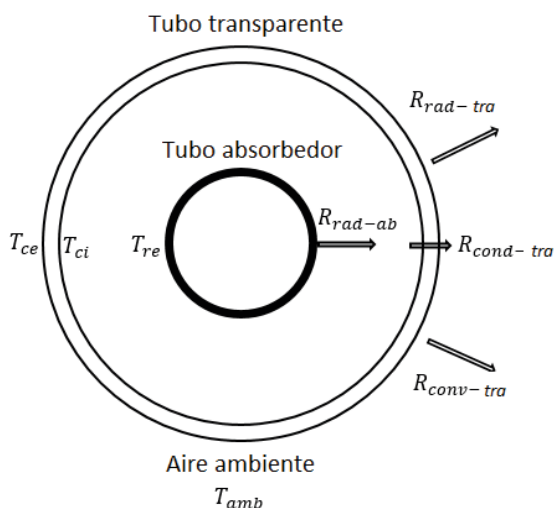


Figura 1. Mecanismos de transferencia de calor de las pérdidas en el tubo absorbedor de un concentrador solar de canal parabólico.

De igual manera, los materiales de construcción determinarán la cantidad de energía que puede ser aprovechada por el concentrador, así como minimizar las pérdidas hacia el ambiente del mismo, la tabla 1 muestra los materiales de construcción y los datos ambientales considerados para el análisis térmico.

Material del tubo absorbedor	Cobre
Material del tubo transparente	Borosilicato
Superficie reflectiva	Aluminio anodizado
Superficie selectiva	Cromo negro
Ángulo de incidencia de la irradiación solar ( $^{\circ}$ )	17.47
Velocidad del aire del medio ambiente (m/s)	1.5

Tabla 1. Materiales de construcción del concentrador solar de canal parabólico.

Para realizar los cálculos principales, es necesario contar con los valores promedio de irradiancia solar ( $W/m^2$ ) mensual, con esto se logra el cálculo de los parámetros del concentrador solar a lo largo del año, es decir, se obtendrán doce valores para cada variable calculada. Lo anterior se debe a que la irradiancia tiene valores que varían a lo largo del año, éste análisis permite conocer los valores máximos y mínimos, de acuerdo

a la aplicación a la que esté destinado el concentrador solar. La tabla 2 muestra los datos promedio mensuales de irradiación solar para la zona del Valle de México, en el Estado de México.

Mes	Irradiancia solar promedio ( $W/m^2$ )
Enero	474.01
Febrero	530.24
Marzo	543.79
Abril	548.45
Mayo	502.65
Junio	507.17
Julio	436.16
Agosto	460.04
Septiembre	406.76
Octubre	467.58
Noviembre	497.40
Diciembre	442.47

Tabla 2. Datos de irradiancia solar promedio mensual para el Valle de México en el Estado de México (<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/est.aspx?est=860128>).

Una vez conociendo todos los datos necesarios del concentrador solar de canal parabólico, se procede a realizar los cálculos de flujo y térmicos, para conocer el comportamiento de los flujos de calor que se tienen a través de cada uno de los materiales y medios donde se transfieren. Las pérdidas de energía hacia el medio ambiente, dependen de la temperatura externa del tubo absorbedor, conservándose el flujo de calor a través de los medios por los que pasa, esto se puede observar en las siguientes ecuaciones que muestran el flujo de calor desde el tubo absorbedor hacia el medio ambiente (Duffie, 2013).

$$Q_1 = \frac{\pi D_{re} L \sigma (T_{re}^4 - T_{ci}^4)}{\frac{1}{\epsilon_r} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \left( \frac{D_{re}}{D_{ci}} \right)}$$

$$Q_1 = \frac{2\pi k_c L (T_{ci} - T_{co})}{\ln \left( \frac{D_{co}}{D_{ci}} \right)}$$

$$Q_1 = \pi D_{co} L h_a (T_{co} - T_a) + \epsilon_c \pi D_{co} L \sigma (T_{co}^4 - T_a^4)$$

Dónde cada una de las variables mostradas en las ecuaciones anteriores se describen a continuación.  $Q_1$  representa el flujo de calor total perdido por el concentrador ( $W$ ),  $D_{re}$ ,  $D_{co}$  y  $D_{ci}$  representan los diámetros, externo del tubo absorbedor, externo del tubo transparente e interno del tubo transparente, respectivamente ( $m$ ),  $L$  es la longitud total del

concentrador ( $m$ ),  $T_{re}$ ,  $T_{co}$ ,  $T_{ci}$  y  $T_a$  representan las temperaturas, externa del tubo absorbedor, externa del tubo transparente, interna del tubo transparente y ambiente, respectivamente ( $^{\circ}C$ ),  $\epsilon_r$  es la emisividad del tubo absorbedor,  $\epsilon_c$  es la emisividad del tubo transparente,  $\sigma$  es la constante de Stephan-Boltzmann ( $W/m^2K^2$ ),  $k_c$  representa la conductividad térmica del tubo transparente ( $W/mK$ ) y por último  $h_a$  es el coeficiente convectivo de transferencia de calor del aire del medio ambiente con respecto al tubo transparente ( $W/m^2K$ ).

La ecuación 1, representa el flujo de calor que se tiene desde la superficie del tubo absorbedor y hasta la superficie interna del tubo transparente, para este trabajo se considera que el espacio entre ambos tubos se encuentra evacuado, ya que, de no ser así, se debe considerar la transferencia de calor por convección del fluido presente entre ambos tubos, de esta manera, el mecanismo de transferencia de calor que se tiene es por radiación, el cual se rige por la ley de Stephan-Boltzmann. La ecuación dos representa el flujo de calor que atraviesa el tubo transparente, utilizando la ley de Fourier se obtiene el flujo de calor por conducción a través de un cuerpo cilíndrico. Por último, la ecuación 3 representa el flujo de calor desde la superficie del tubo transparente hacia los alrededores, es decir, se tienen dos mecanismos de transferencia de calor, el flujo de calor por radiación debido a la emisividad y la temperatura del tubo transparente y el flujo de calor por convección, desde la superficie del tubo transparente hacia el aire del medio ambiente, utilizando la ley de enfriamiento de Newton. El valor del flujo de calor se conserva a través de todos los medios por los que circula hasta el medio ambiente, por tal motivo el valor del flujo de calor perdido será igual para las tres ecuaciones.

### 3 | RESULTADOS

Utilizando los modelos matemáticos antes mencionados y empleando procesos iterativos para determinar cada una de las variables involucradas en el análisis térmico de las pérdidas de calor hacia el ambiente del concentrador solar, se obtienen los resultados que se muestran en las tablas 3 a 7.

Diámetro nominal del tubo absorbedor (pulgadas)	1	2	3	4
Apertura de la parábola (pulgadas) ( $m$ )	3.1175	5.8885	8.6596	11.4307
Longitud focal ( $m$ )	0.7794	1.4721	2.1649	2.8577
Longitud total del concentrador solar ( $m$ )	7.9989	14.9886	21.9919	28.9953
Diámetro interno del tubo transparente ( $m$ )	0.0700	0.0950	0.1250	0.1510
Espesor del tubo transparente ( $m$ )	0.0050	0.0050	0.0050	0.0070

Tabla 3. Parámetros geométricos del concentrador solar.

La tabla 3 muestra los parámetros geométricos considerados para cada una de las configuraciones que se pretenden analizar. Para la obtención de los datos geométricos se considera un ángulo de borde de la parábola de  $30^\circ$ , esta consideración se debe a que con ese valor se obtiene la máxima relación de concentración para esta clase de dispositivos (Kalogirou, 2009). El parámetro más importante en el diseño del concentrador es el diámetro externo del tubo absorbedor, ya que de él depende la apertura mínima recomendada y por ende la longitud total del concentrador, también se consideran los errores por la reflectancia especular de la parábola, la variación en el ángulo de intercepción solar y por los defectos del colector solar (Harris y Duff, 1981). Utilizando los datos mínimos recomendados para el diseño de cada configuración, se garantiza que el fluido de trabajo llegará a la temperatura que se desea, con una variación principal del flujo de calor útil para cada uno de los tamaños considerados. Las siguientes tablas muestran los datos térmicos para las pérdidas de calor de cada diseño considerado.

Mes	Flujo másico ( $kg/s$ )	Temperatura externa del tubo absorbedor ( $^\circ C$ )	Temperatura interna del tubo transparente ( $^\circ C$ )	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.0230	333.9447	27.6035	568.3663	62.5933
Febrero	0.0259	339.0412	27.6035	588.9362	63.0416
Marzo	0.0266	340.1937	28.7009	593.1253	63.1386
Abril	0.0268	340.5180	28.7009	594.4590	63.0746
Mayo	0.0245	336.6492	27.6035	579.2178	62.8933
Junio	0.0247	336.9984	27.6035	580.6293	62.8437
Julio	0.0210	330.0762	27.6035	553.0951	62.0841
Agosto	0.0223	332.6271	27.6035	563.1320	62.5227
Septiembre	0.0195	326.9453	26.5065	541.4769	61.7936
Octubre	0.0226	333.1963	27.6035	565.3892	62.3457
Noviembre	0.0242	336.1206	27.6035	577.0853	62.7757
Diciembre	0.0214	330.8762	27.6035	556.2292	62.3700

Tabla 4. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 1 pulgada.

Mes	Flujo másico ( $kg/s$ )	Temperatura externa del tubo absorbedor ( $^\circ C$ )	Temperatura interna del tubo transparente ( $^\circ C$ )	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.0773	370.0654	40.5440	2540.0	59.6175
Febrero	0.0874	375.9220	41.6338	2637.3	60.2678
Marzo	0.0899	377.2789	42.7238	2658.5	60.4490
Abril	0.0907	377.7061	42.7238	2665.9	60.4693
Mayo	0.0824	373.1021	41.6338	2589.1	59.9346
Junio	0.0833	373.6206	41.6338	2597.9	60.0501

Julio	0.0705	365.7281	40.5440	2468.1	59.0841
Agosto	0.0748	368.5116	40.5440	2514.1	59.4386
Septiembre	0.0653	362.1535	39.4545	2412.0	58.6750
Octubre	0.0761	369.3252	40.5440	2527.6	59.4979
Noviembre	0.0815	372.5785	41.6338	2580.2	59.9049
Diciembre	0.0717	366.5197	40.5440	2481.1	59.2342

Tabla 5. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 2 pulgadas.

Mes	Flujo másico ( $kg/s$ )	Temperatura externa del tubo absorbedor ( $^{\circ}C$ )	Temperatura interna del tubo transparente ( $^{\circ}C$ )	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.1600	392.3064	55.2421	6255.7	57.2285
Febrero	0.1814	398.6694	56.3194	6508.6	58.0065
Marzo	0.1866	400.1148	57.3970	6563.0	58.1834
Abril	0.1884	400.6068	57.3970	6583.4	58.2458
Mayo	0.1709	395.6356	56.3194	6384.6	57.6466
Junio	0.1727	396.1672	56.3194	6406.2	57.7349
Julio	0.1457	387.6206	54.1650	6075.5	56.6327
Agosto	0.1547	390.6145	54.1650	6193.5	57.0119
Septiembre	0.1346	383.6944	53.0882	5928.3	56.0965
Octubre	0.1576	391.5465	55.2421	6225.4	57.1447
Noviembre	0.1689	395.0390	56.3194	6360.4	57.5729
Diciembre	0.1481	388.4346	54.1650	6107.4	56.7452

Tabla 6. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 3 pulgadas.

Mes	Flujo másico ( $kg/s$ )	Temperatura externa del tubo absorbedor ( $^{\circ}C$ )	Temperatura interna del tubo transparente ( $^{\circ}C$ )	Flujo de calor perdido (W)	Eficiencia (%)
Enero	0.2702	406.3395	65.1161	11800	55.5456
Febrero	0.3070	413.0291	67.3312	12282	56.4205
Marzo	0.3158	414.5226	67.3312	12397	56.5922
Abril	0.3189	415.0398	68.4394	12426	56.6623
Mayo	0.2889	409.8336	66.2234	12051	56.0073
Junio	0.2918	410.3574	66.2234	12090	56.0655
Julio	0.2457	401.4216	64.0091	11450	54.8903
Agosto	0.2612	404.5807	65.1161	11670	55.3253
Septiembre	0.2267	397.2988	62.9026	11164	54.3043
Octubre	0.2660	405.5253	65.1161	11740	55.4339
Noviembre	0.2855	409.2136	66.2234	12004	55.9321
Diciembre	0.2497	402.2534	64.0091	11510	54.9887

Tabla 7. Parámetros térmicos del análisis de pérdidas hacia el ambiente para el tubo de 4 pulgadas.

Las tablas 4, 5, 6 y 7 representan las variables principales involucradas en el cálculo de las pérdidas totales de calor de la línea focal de la parábola del concentrador, teniendo los parámetros geométricos para cada diseño, en función del tubo absorbedor. La variable principal y más importante para alcanzar la temperatura deseada (200 °C) es el flujo másico ( $kg/s$ ) del aceite térmico, el cual tendrá variaciones para cada uno de los diámetros de tubo absorbedor considerados y de igual manera, tendrá variaciones en función de cada valor promedio de irradiancia solar para cada mes del año, el flujo másico representa el tiempo de residencia del fluido de trabajo necesario para llegar a la condición de temperatura deseada.

El tubo transparente considerado, concéntrico al tubo absorbedor cumple con la función de minimizar las pérdidas de energía hacia el ambiente por convección, ya que, de no considerarse, las pérdidas de calor aumentarían si se considera el tubo absorbedor por sí solo, de igual manera el efecto de vacío que se considera en el espacio entre ambos tubos, disminuye las pérdidas de energía al anular el efecto convectivo y conductivo del fluido contenido entre ambos tubos.

El parámetro que provoca la mayor cantidad de pérdidas de energía hacia el medio ambiente es el efecto radiativo debido a la temperatura superficial del tubo absorbedor, por lo tanto, entre mayor sea la temperatura que alcanza el tubo absorbedor, mayor será la pérdida hacia el medio ambiente, lo cual repercute de manera directa en la eficiencia térmica del concentrador solar, como puede observarse en las tablas anteriores. La eficiencia térmica disminuye conforme aumenta el tamaño del tubo absorbedor y del concentrador, esto se debe al aumento de temperatura en la superficie externa del tubo absorbedor, teniendo temperaturas promedio para cada configuración de 334.7656 (°C), 371.0426 (°C), 393.3708 (°C) y 407.4513 (°C), afectando la eficiencia térmica, teniendo valores promedio de 62.6231%, 59.7186%, 57.3541% y 55.6807%, para los diámetros nominales de 1, 2, 3 y 4 pulgadas respectivamente.

## 4 | CONCLUSIONES

En el presente trabajo se mostró el análisis térmico de las pérdidas de calor hacia el medio ambiente de un concentrador solar de canal parabólico, utilizando los datos ambientales y el recurso solar (irradiancia solar promedio) de la zona del Valle de México, considerando que se pretende llegar a una temperatura máxima de 200 °C, el análisis se realiza para 4 diámetros nominales de tubo absorbedor, 1, 2, 3 y 4 pulgadas. Utilizando el diámetro del tubo absorbedor se obtienen los parámetros geométricos del concentrador para cada configuración, estos son: apertura de la parábola, longitud focal, longitud total del concentrador, la elección del diámetro interno del tubo transparente, así como su espesor.

Utilizando las medidas del diseño del concentrador solar, así como la elección de los materiales de construcción de la parábola y los tubos de la línea focal, se determinan



los parámetros térmicos considerando aceite térmico Syltherm 800 como fluido de trabajo y cada diseño considera un valor de irradiancia solar promedio para cada mes a lo largo del año, del lugar elegido para realizar la instalación termosolar.

El flujo másico es el parámetro más importante para poder llegar a la temperatura deseada del fluido de trabajo, cuyo valor aumenta conforme el tamaño del concentrador aumente, éste valor está directamente relacionado con los cálculos de flujo de calor útil del concentrador y como consecuencia, la obtención de la temperatura externa del tubo absorbedor.

El efecto radiativo debido a la temperatura externa del tubo absorbedor, es el mecanismo de transferencia de calor que tiene mayor influencia en el análisis de las pérdidas hacia el ambiente del concentrador solar, cuyo valor es relativamente alto teniendo promedios de 334.7656 (°C), 371.0426 (°C), 393.3708 (°C) y 407.4513 (°C) para cada diámetro de tubo absorbedor analizado, el valor de temperatura aumenta conforme aumenta el tamaño del concentrador, provocando la disminución de la eficiencia térmica total del concentrador solar.

## REFERÊNCIAS

BELLOS, E.; TZIVANIDIS, C.; ANTONOPOULOS K. A. A detailed working fluid investigation for solar parabolic trough collectors. **Applied Thermal Energy**, v. 114, p. 374-386, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.201>

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 4. ed., John Wiley and Sons Inc., New Jersey, 2013. 887 p.

ECK, M.; ZARZA, E.; EICKHOFF, M.; RHEINLÄNDER, J.; VALENZUELA, L. Applied research concerning the direct steam generation in parabolic troughs. **Solar Energy**, v. 74, n. 4, p. 341-351, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(03\)00111-7](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(03)00111-7)

HARRIS, J.A.; DUFF, W.S. Focal plane flux distribution produced by solar concentrating reflectors. **Solar Energy**, v. 27, n. 5, p. 403-411, 1981. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(81\)90005-0](https://doi.org/10.1016/0038-092X(81)90005-0)

KALOGIROU, S. **Solar Energy Engineering Processes and Systems**. 1. ed, Elsevier Inc., New York, 2009. 760 p.

ODEH, S.D.; MORRISON, G.L.; BEHNIA, M. Modelling of parabolic trough direct steam generation solar collectors. **Solar Energy**, v. 62, n. 6, p. 395-406, 1998. DOI: [10.1016/S0038-092X\(98\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00031-0)

XIANGTAO, G.; FUQIANG, W.; HAIYAN, W.; JIANYU, T.; QINGZHI, L.; HUAIZHI, H. Heat transfer enhancements analysis of tube receiver for parabolic trough solar collector with pin fin arrays inserting. **Solar Energy**, v. 144, n. 1, p. 185-202, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.020>

## ASSIGNMENT MODEL FOR THE PERUVIAN FILM INDUSTRY

*Data de aceite: 01/10/2021*

### Mario Edison Ninaquispe Soto

Bachelor of Operations Research, Master in Administration and Doctor (C) in Statistics  
Lima - Peru  
<https://orcid.org/0000-0002-6287-3291>

### Gianni Michael Zelada García

Mechanical Engineer, Master in Administration and International Business, Doctor (C) in Industrial Engineering  
Lima - Peru  
<https://orcid.org/0000-0003-2445-3912>

**ABSTRACT:** The film industry is governed by supply, pre-defined premieres and supported by millionaire marketing strategies and promotions. In this context, capacity management is crucial to withstand and maximize demand peaks for each release. For the case of Peru, it is proposed to use the modeled demand and, on that basis, to construct an algorithm for assignment of theaters and schedules for the business format of multiplexes. In this research, it is recognized that the demand generated by movies has a stochastic behavior and, after their first release, a polynomial trend of degree 3 follows. The newsvendor model allows us to include the variability of this demand and the assignment algorithm allows us to optimally manage theaters and schedules for each movie on the billboard at each specific time, considering that empty seats must be minimized at each time.

**KEYWORDS:** Assignment, optimization, movie.

### MODELO DE ATRIBUIÇÃO PARA A INDÚSTRIA DO CINEMA PERUANA

**RESUMO:** A indústria cinematográfica é regida por ofertas, estreias predefinidas e apoiada por estratégias e promoções de marketing milionárias. Nesse contexto, o gerenciamento de capacidade é crucial para suportar e maximizar os picos de demanda para cada versão. Para o caso do Peru, propõe-se utilizar a demanda modelada e, a partir disso, construir um algoritmo para atribuição de salas e horários para o formato comercial dos multiplexes. Nesta pesquisa, reconhece-se que a demanda gerada pelos filmes tem um comportamento estocástico e, após seu primeiro lançamento, segue uma tendência polinomial de grau 3. O modelo do newsvendor permite-nos incluir a variabilidade desta procura e o algoritmo de atribuição permite gerir de forma otimizada as salas e horários de cada filme do outdoor em cada hora específica, considerando que as poltronas vazias devem ser minimizadas a cada momento.

**PALAVRAS - CHAVE:** Atribuição, otimização, filme.

## 1 | INTRODUCTION

After the planning of operations where product lines, industrial areas and delivery channels are established, managers must give equal importance to the programming of operations. In this second administrative activity, those actions where efficiency is sought through

the optimization of resources are summarized. Programming involves activities such as: task sequencing, resource assignment algorithm and scheduling, among other actions. The use of applied mathematical models in these three areas indicated in order to optimize results is becoming increasingly widespread in various economic and productive areas.

For example, in the agricultural sector, specifically in rice-producing companies, efficiency is sought through the programming process, considering: planting dates, machine allocation, efficiency, terrain conditions and cost overruns for violating time windows associated with crop harvesting time, becoming necessary the application of full programming models to achieve allocation effectiveness (Puentes, Arango, & Orejuela, 2019).

In logistics, it is necessary to apply storage space allocation models, where some applications provide solutions and results independently, which allows identifying their implementation potential, even more if there are different types of products, which means applying an algorithm that makes an adequate arrangement of products in the warehouse over a defined time horizon, which would achieve the efficiency in cost management (Ballesteros-Riveros, Arango-Serna, Adarme-Jaimes, & Zapata-Cortes, 2019).

The film industry, in which this research work is focused, is also immersed in the need to optimize its operations. Perhaps an important aspect to take into account in a theater allocation and sequencing process is the consumer behavior, which is recurrent, random and seasonal, as in the case of Spain where 54% of the population attends once a year, being surpassed only by activities such as listening to music or reading (Monserat, 2015)

According to Jaime Akamine, at the beginning of 2017, Peru had more than 550 movie screens and sold 40 million tickets that year. These numbers have grown steadily since the 90s, and today the business model is made up of chains<sup>1</sup> such as: Cinemark, Cineplanet, UVK and Cinépolis, which offer about 250 movies a year, and 75% of them come from major producers such as: Fox, Paramount, Warner, Sony, Universal and Disney, and they also have their premieres scheduled. (from: [www.elcomercio.pe](http://www.elcomercio.pe))

At present, the analysis of the Peruvian film market, under the 4Ps approach, shows that the **product** offered, i.e. the billboard, is not an advantage that boosts demand among the various movie theater chains, since, as it has been pointed out, billboard premieres are already standardized and scheduled. Likewise, the strategy of growing through new premises (**plaza**) is limited to the speed at which malls are expanding in Lima and provinces, as in the case of Cinemark and Cineplanet. Stimulating demand through **prices** and **promotions**, offering these advantages through their sales and loyalty channels, has been a strategy that has been strongly used in recent years, but at the same time it has led the chains to an operating space with tighter profitability margins than before.

At a time when marketing strategies to stimulate demand have reached apparent

<sup>1</sup> <https://larepublica.pe/economia/1169480-cual-fue-el-cine-con-mas-espectadores-en-2017>

saturation, it is appropriate to review whether it is possible to improve business profitability by optimizing the available resources.

In response to this problem, it is necessary to address the solution through asset efficiency. In other words, focusing efforts on filling the available theaters and times with the “blockbuster” movie that is on release, besides optimizing the use of the other theaters with other movies on the billboard, seeking to minimize empty seats. And for this purpose, the classic assignment models can serve as a theoretical solution to this problem.

## 2 | DESCRIPTION OF THE PROBLEM

An assignment model includes **tasks to be assigned**, which, in the problem described, is the movie on the billboard and also includes **resources where these tasks will be executed** (the theater - schedule). The latter have various characteristics (seating capacity, sound and audio effects, unit prices, etc.). The basic structure of the problem can be seen in Table 01:

What is assigned...	To whom it is assigned...	Cost of assignment	Restrictions	Objective
Every movie on the billboard.	To each movie theater and schedule.	Opportunity cost of using or not using the seat	Matching supply (seats) and demand (box office)	Minimizing the number of empty seats.

Table N°1 Summary of parameters described in the assignment study

“(...) more precisely, the classical assignment model deals with matching workers (with varying skills) to jobs. Presumably, skill variation affects the cost of completing a job. The goal is to determine the minimum cost assignment of workers to jobs.”.<sup>2</sup>

Before starting this modeling, we must understand that the aforementioned demand, like any show, presents a peak at the beginning of its release, and then drops sharply until it leaves the billboard, for reasons of attracting a minimum audience. This trend is followed by all the movies that are offered simultaneously, which indicates that the allocation of theaters is an operational time and dynamic decision, since the day of the premiere screening, the time slot in which it will be programmed, and the advertising budget for the movie, all play a role. Table 02 shows an example of the historical box-office revenue distribution for a standard movie.

<sup>2</sup> Taha, Handy (1997). Investigación de Operaciones, (4° Ed.), p201, USA: Prentice Hall

Time Slot	Box office day						
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Morning	10%	...	...	...	...	...	...
Afternoon	40%	...	...	...	...	...	...
Evening	40%	...	...	...	...	...	...
Midnight	10%	...	...	...	...	...	$r_{ij}$

Where  $r_{ij}$  represents the percentage at which box-office revenues for each time slot per day are historically distributed.

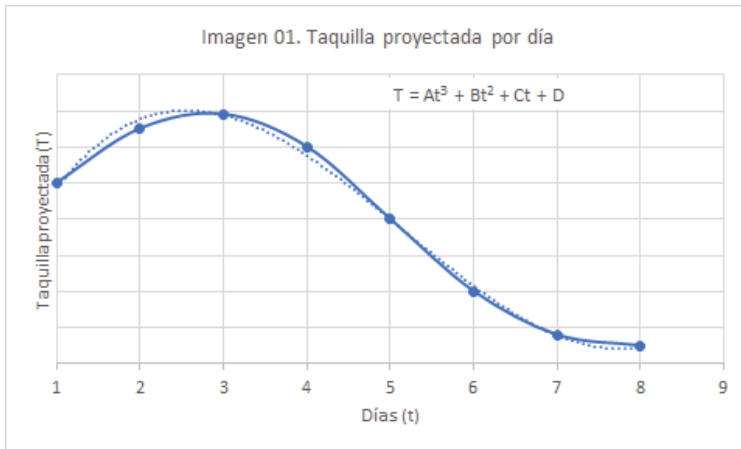
Table N°2 Distribution of box-office revenues during the first week and by time slot

Another point to note is that the box office projected throughout the life cycle of the movie has a probabilistic behavior, where the risk of oversizing or undersizing the seats offered comes into play. For this situation, it is proposed to use the newsvendor model, which will allow us to transform the probabilistic demand into deterministic time demand for each movie along its curve, and, in that order, work the assignment to each of the theaters, at their respective times, following a classic assignment model.

To sum up, the case to be modelled refers to the decisions that have to be made by managers of movie theaters, who, based on their current need, seek to allocate in the best way their installed capacity, in this case, movie theaters, against the expected demand of their billboard. To this end, it is sought to generate a model that allows optimizing the use of facilities, initially identifying the billboard.

### 3 | PARAMETERIZATION OF THE PROBLEM

The billboard is composed of “p” movies, which behave following a polynomial curve, different for each one, of degree 3, generically described in image 1; where for each period “t”, there is a projected box office T, with mean ( $\mu$ ), and standard deviation ( $\sigma$ ). Being  $t_1$  = Thursday, which is the release date.



Elaboration: Own

#### 4 | ESTIMATED DEMAND

Since it is a stochastic demand ( $\mu, \sigma$ ), and since schedules are treated as “unique” periods, it is possible to apply the newsvendor problem for this scenario: “*by analogy with the situation faced by a newspaper vendor at the beginning of each day, when he must decide how many copies of the day’s paper to stock in order to supply an uncertain demand and considering that he should not incur excessive missing or extra copies*”<sup>3</sup>. This algorithm seeks to offer the “optimal” number of seats (Demand) for a single movie with stochastic behavior, in a specific period (schedule).

$$D = T + Z^* \sigma \quad 4$$

Where:

D = projected demand. (deterministic)

T = box office projected on day t. (probabilistic)

$\mu, \sigma$  = parameters of T.

Likewise,  $Z = InvNorm (Cu / Cu + Co) \quad 5$

$Cu$  = profit per seat

$Co$  = maintenance cost of a seat

<sup>3</sup> David F. Muñoz. (2009). Gestión de Inventarios. En Administración de Operaciones, Enfoque de Administración de Procesos de Negocios (196 -201). Mexico: Cengage Learning Editores.

<sup>4</sup> Adapted from Taubber, L, (2001), *La construcción del significado de la Distribución Normal a partir de actividades de análisis de datos* (Tesis Doctoral), pp76, Universidad de Sevilla, Spain.

<sup>5</sup> Adapted from Taubber, L, (2001), *La construcción del significado de la Distribución Normal a partir de actividades de análisis de datos* (Tesis Doctoral), pp76, Universidad de Sevilla, Spain.

Once the demand (D) has been established for each movie (p) - schedule (h), each of the theaters (s) - schedule (h) is assigned, following a classic assignment model:

## 5 I MATHEMATICAL ASSIGNMENT MODEL

Sets:

Movie /1..p/ ;

Theater / 1..s/ ;

Schedule/ 1..h/ ;

SxH (theater,schedule) : capacity;

PxH (movie,schedule): demand\_proj, demand\_unsatisfied, demand\_inflated;

PxSxH (movie,theater,schedule):X;

end sets

Data:

capacity = ;

demand\_proj = ;

end data

!Objective Function;

Min = @SUM(PxH(p,h): demand\_ inflated (p,h));

!Restrictions;

*!for each movie-schedule, the accumulated capacity of the theaters assigned is equal or bigger than the occupied seats;*

@for (PxH(p,h):

@SUM(SxH(s,h):capacity(s,h)\*X(p,s,h)) =

demand\_proj (p,h) - demand\_ unsatisfied(p,h) + demand\_ inflated (p,h));

*!for each theater-schedule, only ONE movie can be assigned;*

@for (SxH(s,h):

@SUM(PxSxH(p,s,h): X(p,s,h)) = 1);

*! for each movie-schedule, only TWO theaters can be assigned;*

@for (PxH(p,h):

@SUM(PxSxH(p,s,h): X(p,s,h)) <=2);

*!X = is the binary assignment variable, of movie "p" in the theater "s" and the schedule*

“h”;

@for (PxSxH(p,s,h): @BIN (X));

end

## 6 | CONCLUSIONS

For the development of this research, compact mathematical modeling was used in lingo system, where the objective function represents the minimization of free or unoccupied seats, taking into account the assigned capacity per theater, the unit assignment per movie/theater, and movie/schedule; which allowed results where 95% of use of installed capacity is observed, leaving only 5% of seats free due to the stochastic behavior of demand.

The application of the newsvendor problem allowed to manage the stochastic behavior of the box office demand in the projection of the offer of seats, an indispensable step to carry out the mathematical modeling of assignment.

The optimal development of this model allowed to use better the installed capacities per theater, with the consequently increase of profit for having a minimum of seats unoccupied by movie and time slot. This type of optimization strategies must work in parallel with marketing strategies in order to safeguard the continuous growth of the business.

The feasibility of the model requires a correct approximation of the polynomial curve of demand projection, as shown in figure 1. In that order, it is appropriate to apply advanced computational techniques, such as “machine learning”, where the model is constructed under unsupervised algorithms, such as clusterization techniques, or supervised ones based on evidence and error, and that will contribute to our next studies.

## REFERENCES

Acamine, J. (2017) ¿Cómo se mueve la industria cinematográfica en el Perú?, <https://elcomercio.pe/eldominical/actualidad/mueve-industria-cinematografica-peru-413161> (recuperado el 07 de mayo del 2018)

Ballesteros-Riveros, F. A., Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W., & Zapata-Cortes, J. A. (2019). Storage allocation optimization model in a Colombian company. *Dyna*, 255-260.

Bonini, Hansman y Bierman (2000). *Análisis Cuantitativo para los negocios*, (9na Ed.) Colombia: Mc Graw-Hill.

David F. Muñoz. (2009). *Gestión de Inventarios*. En *Administración de Operaciones, Enfoque de Administración de Procesos de Negocios* (196 -201). México: Cengage Learning Editores.

Eppen, Gary R. (1998). *Investigaciones de Operaciones en la ciencia administrativa*, (5° Ed.) México: Mc Graw-Hill.



Gerardo Arango Ospina, César Escalante Coterio y Carolina Rendón Aguirre. (junio 2011). Supply channel coordination in a newsvendor model with two allocation quotas. *Ingeniería y Ciencia*, 7, 87 - 110

G. Piqué and C. Puyol. Either the man or the ball. In P. Maldini and F. Baressi (editors), *Proceedings of the Conference on Stopping Techniques*, pp. 56-78. Springer, Berlin, 2011.

L. A. Messi and A. Iniesta. Magic in the field. *European Journal of Sports*, 3(4):45-57, 2013.

Monserat, G. M. (2015). *Comportamiento del Consumidor de Cines en Salas: Factores Motivacionales y Tipología del Consumidor*. Madrid, España.

Mathur K & Solow D. (1997). *Investigación de Operaciones*, (5° Ed.) USA: Prentice Hall

Pentico, D. W. Assignment problems: A golden anniversary survey. *European Journal of Operational Research*. 2007, vol. 176, núm. 2, pp. 774-793.

Puentes, J. A., Arango, C. A., & Orejuela, J. P. (2019). Modelo para la asignación de máquinas cosechadoras a cultivos de arroz. *Criterio Libre*, 215-229. Obtenido de <https://www.proquest.com/scholarly-journals/modelo-para-asignación-de-máquinas-cosechadoras/docview/2352572718/se-2?accountid=36937>

Taha, Handy (1997). *Investigación de Operaciones*, (4° Ed.) USA: Prentice Hall.

Tauber, L. (2001), *La construcción del significado de la Distribución Normal a partir de actividades de análisis de datos* (Tesis Doctoral), pp76, Universidad de Sevilla, España.

X. Hernández. *The Art of Passing the Ball*. Wiley, New York, 2012.

Winston, Wayne L. (2005). *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos*, (4° Ed.) USA: Prentice Hall

## DEVELOPMENT OF THE TOOL “APERMET” FOR COMPLEMENTING THE ANALYSIS OF STEEL STRUCTURES IN TEACHING

*Data de aceite:* 01/10/2021

*Data de submissão:* 13/08/2021

### **Jesús Montero Martínez**

Universidad de Castilla-La Mancha -  
Departamento de Producción Vegetal y  
Tecnología Agraria – Campus de Albacete –  
España  
<http://orcid.org/0000-0002-0309-3367>

### **Santiago Laserna Arcas**

Universidad de Castilla-La Mancha -  
Departamento de Producción Vegetal y  
Tecnología Agraria – Campus de Albacete –  
España.

### **Jorge Cervera Gascó**

Universidad de Castilla-La Mancha -  
Departamento de Producción Vegetal y  
Tecnología Agraria – Campus de Albacete –  
España  
<http://orcid.org/0000-0001-5287-6299>

**RESUMEN:** Las materias relacionadas con el cálculo estructural en carreras universitarias de ingeniería conllevan una importante carga lectiva que en ocasiones dificulta un seguimiento fluido para los alumnos. En este contexto se desarrolla la Herramienta de Análisis de Perfiles Metálicos adaptada al Código Técnico de la Edificación, APERMET con unos objetivos claramente enmarcados como elemento de apoyo en docencia. Es una herramienta caracterizada por su sencillez de manejo y pensada para guiar al alumno paulatinamente en cada una

de las comprobaciones que deben realizar para analizar elementos lineales de estructuras metálicas. Además, la creciente tendencia al “self-study” y a la enseñanza a distancia en la docencia universitaria han marcado el diseño de esta herramienta para crear un entorno evolutivo que muestra progresivamente los parámetros a calcular. Así, el usuario es capaz de verificar rápidamente si el análisis realizado manualmente es correcto, y/o identificar cual es el punto donde existe un error, permitiendo corregirlo de forma autodidacta. Resulta destacable que el uso de esta herramienta se encuentra más extendida entre los alumnos con dificultades de asistencia a las lecciones presenciales y/o tutorías, y que encuentran en la herramienta APERMET un complemento perfecto para reforzar su aprendizaje.

**PALABRAS CLAVE:** Software; estructura metálica; CTE; docencia; self-study.

### DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA “APERMET” PARA COMPLEMENTAR LA DOCENCIA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

**ABSTRACT:** The learning contents related with the structural calculation on university engineering degrees suppose an important teaching load which sometimes makes difficult an fluid follow of these lessons by the students. On this context, the Metallic Profiles Analysis - APERMET tool, according Spanish structural standards (CTE), has been developed with objectives clearly framed on helping as complement in teaching. This tool is characterized by simplicity of use and is thinking to guide gradually the student in

all checks needing to the analysis of linear elements of metallic structures. In addition, the increasing tendency to the “self-study” together with the distance university learning have marked the design of this tool to create an evolving interface which shows progressively all parameters to calculate. Thus, users are able to quickly verify if the manually calculation is right, and/or identify the wrong point immediately, allowing to correct it by self. Highlight, the use of this tool is more common among the student whit difficulties to attend classroom lessons and/or tutoring times, finding on APERMET tool a perfect complement to reinforce their learning.

**KEYWORDS:** Software; steal structures; CTE; teaching; self-study.

## 1 | INTRODUCTION

In the field of teaching in engineering, experimental subjects such as those relate to structural design, students pose for a major effort derivative and analyze the complexity of the regulatory standards that define its measurement. Specifically, the degrees related to agroforestry field, comprise an important part of the teaching content and why, competent engineer to enable the calculation and dimensioning of such structures. On the other hand, experience in teaching these subjects clearly determined that due to the complexity of the calculation codes which employ a large number of parameters and tables for structural testing, the procedure from the beginning in learning is complex so that the first sensation of students results, first, in uncertainty due to the proper selection of the parameters, and on the other and connected with it, an uncertainty when identifying and locating the possible error in the calculation .

In this preamble, and clearly marked for the help in teaching objectives, the Analysis Tool Metal Profiles adapted to the Technical Building Code (CTE, 2006), APERMET© unfolds. It is an easy to use tool, developed by MatLab® software, which runs on Windows® environment, and which include each of the checks that are performed sized metal profiles studied by the students during the development subjects. This tool, although it can be perfectly used as a traditional optimization software, is clearly designed for use in teaching, since the configuration and navigation through the different options is specifically designed to guide students in helping solving the problems given in the exercise of the subjects.

In relation to this guideline useful in teaching the tool and display the final results of sizing that can display any conventional calculation program, describe each of the intermediate parameters that are involved in the different tests performed, so the student is able to quickly check if all the verification procedure is performed manually correct, and if so, to identify which is the step that has made the mistake to correct. This improves the speed of student learning, because you can quickly focus on trying to learn or prop misapplied concepts in your problem.

## 2 | TOOL APERMET

### 2.1 Objectives of designing the tool

In this new situation, the objective of this work has been the development of a new user-friendly software tool that allows total control over the variables that influence the calculation of metal structures, specifically designed for use in teaching, so that the program is structured and designed to guide students learning of the calculation method that implements the Technical Building Code.

To achieve this goal, an “interface evolution”, in which the fields as required for a hypothetical case of structural evaluation is complete, you can move on and not before the checks are created. That is, to make progress along all checks to be made by the student, previously you must define the starting parameters necessary to perform each of the tests, and only when all input records are complete activated Streak different calculation options.

Prior to any analysis of calculation, the program will need to define the characteristic parameters of the MATERIAL. After completing this section, the program will enable the introduction of options EFFORTS calculation, and only completed this, the first of CHECKS will be activated. On the first test run will activate the second, and so in succession to complete the VERIFICATION of the validity of the metal profile (Fig. 1).

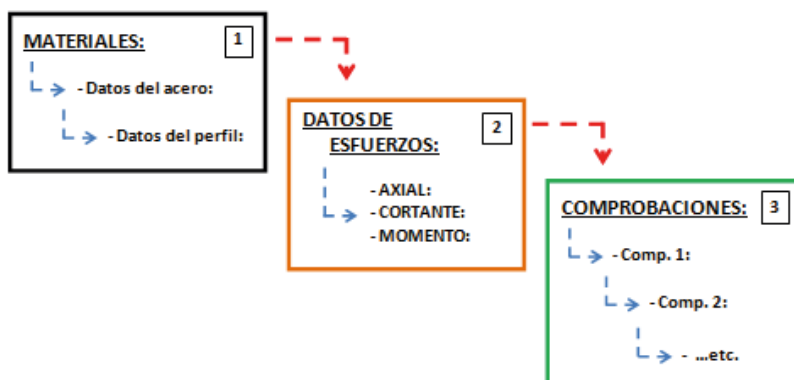


Fig. 1. Sequence evolution data entry tool.

For the interaction with the user is done in an interactive environment Windows type, taking into account at all times to generate an attractive picture with explanatory diagrams and clarification to the calculation elements that make the tool an element that helps the compression results being displayed on the screen, not just a visual output data but an ordered according to user inputs demanded item.

However, the tool requires the prior knowledge of the fundamentals of structural

design to start working with her. There is therefore a self tool, but a tool to support the learning and that allows the calculation consolidate the acquired skills and strengthen the weakest in a dynamic way. Still, the tool has a user manual provided to students for their learning.

According to the concepts of the subject in which this tool is framed, a calculation program designed to verify the ultimate limit states (strength and stability) allowing the calculation of metal parts as described in the CTE standard (CTE, 2006).

The methodology followed in the creation of this tool has been through the following sections:

- Fix the capabilities that will have the program and definition of benefits.
- Study of Technical Coding and the methodology extraction of adapted to calculation of benefits.
- Creating of coding in MATLAB language that complies with the equations described in the coding system.
- Checking of coding created and fragmentation in for the various checks to make subunits that will link the Fragments.
- Creating or visual environment with which the user will interact form the dynamic, with special emphasis on self - guided entry of data.

## 2.2 Capacities of the program

As mentioned, the current regulations in Spain governing the calculation of steel structures, The Basic Security Document-Structural Steel (DB-SE A), the Technical Building Code (CTE, 2006) is used to establish the methodology calculation applied. In addition, the sections are more blurred in this legislation with the Instruction of Structural Steel (EAE, 2011) and the European legislation, “Eurocode 3 steel structures project” complementary (UNE-ENV 1993-1-1, 1992).

Within the capabilities of the software program can calculate the Ultimate Limit States of metal parts from applicants’ efforts worst situation considered previously calculated and factored is designed. It is determined that the program is able to consider efforts in the two axes of flex profile to calculate checks.

The type of material is steel profiles. Specifically, different types of steel that are described in “4 MATERIALS” DB-SE Steel CTE and derived from the resistance of the material described in the UNE EN 10025 is applicable. Metallic profiles implemented in the calculation will be the series of simple laminated profiles (IPE, IPN, HEA, HEB) widely used in agricultural buildings.

Within the checks in CTE, you opt for the examinations to be able the program are as follows (described in the order of expected calculation):

- Checking of **CLASS SECTION**.

- Checking of **RESISTANCE OF SECTION LEVEL**.
- Checking of **SLENDERNESS**.
- Checking of **LATERAL BUCKLING**.
- Checking of **RESISTANCE OF BAR LEVEL**.

Thus, the different tests are structured in a logical order, which gives the notion of structure to follow when faced with a calculation in such elements.

The APERMET software has been developed using MATLAB software, version 7.6.0. R2008a using the GUIDING module for generating GUI's .

The structure chosen for the presentation of the software is (Fig. 2):

- **An initial window** for submission of the application.
- **A main working window**.
- **Six secondary windows** for the various tests to be analyzed, described in the previous section

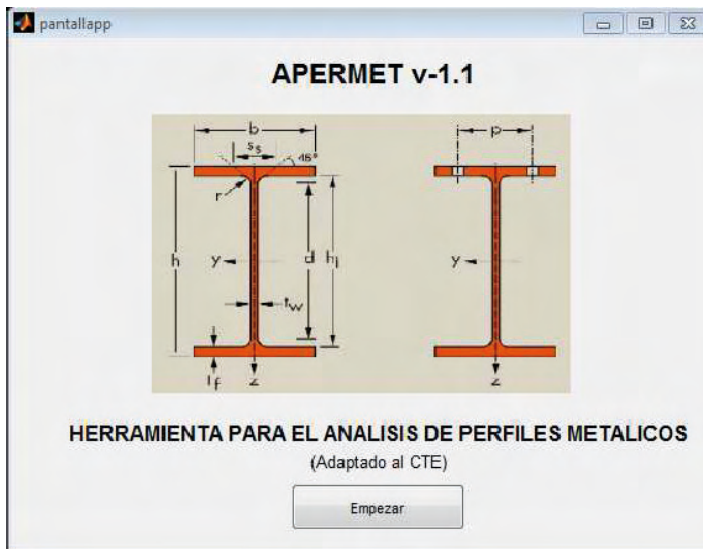


Fig. 2. Home screen of APERMET Tool.

The design of each window consists of the following general topics:

- **Introduction of the data:** Including the following zones
  - Data previously obtained from n previous introduction or by the user.
  - Specific Datas of checking (if precision is necessary as may be required).
- **Result Sections:** where mainly the final values of checking, and if this value is within the acceptable limits.

- **Making Calculation:** allows to understand the analysis of the results. The results that are properly detailed with supportive explanatory scheme help with the correspondence.

Within each window, the initial data are loaded by default, showing the corresponding location in the value of the variable, but the user is able to modify them. Editable data if the data input is performed by (Fig. 3):

- **Input boxes.** These types of actuator is selected, when the variable can take multiple values  $m$  or  $u$ , for example, the values of effort.
- **Selection buttons.** Was placed when the user must choose between two options that cannot coexist simultaneously to the checking.
- **Operation buttons.** Such controls are placed when you want to select the options written on and even sometimes drawn with the relevant charts.
- **Pop-up menus.** On the occasions that the values to select options have clearly defined and there is no possibility to select any option that is not on that list.

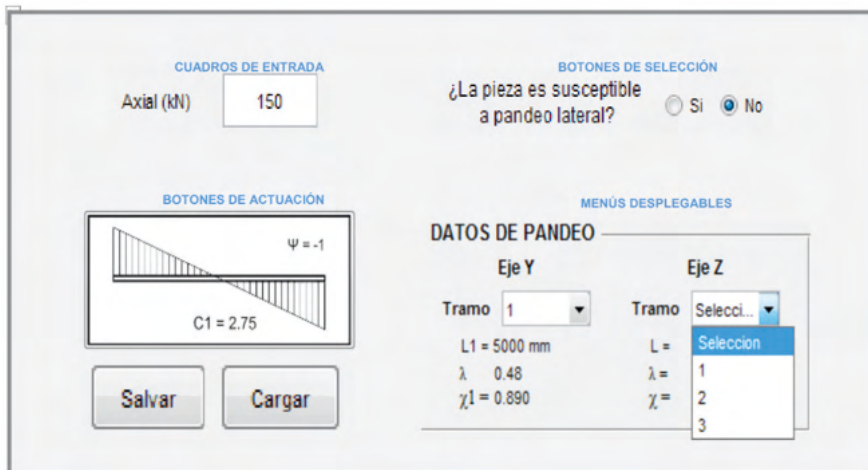


Fig. 3. Example modes of action with the program

In the main working window variables are common to all tests defined. Each test takes data entered into this window and run the calculation. In addition, for each test, child windows are enabled for the introduction of the characteristics of each variable.

The concept of evolutionary interface is justified because it is necessary in some other preflight checks run as it needs pre-calculated data for the result. Therefore, the findings are presented in a logical order according to the need of data each. Thus it is not possible to test without performing the above immediately, which is clearly designed for the student to be able to identify the different parameters involved in each moment.

The results of the tests are indicated by text boxes where the student clearly indicates whether the profile is valid (“MEETS”) or invalid (“FAIL”) on the input data, so that a bar that meets All checks can be considered valid address this hypothesis calculation.

To analyze these results, a paragraph is added in each window that exposes the internal calculations that earned the program after executing the code. Data variables considered most significant when the analysis of the result and ordered schemes Showing, enabling compression and analytical skills.

In creating the visual environment options “Save” and “Load”, which allow the user to save and load your jobs are added.

Then briefly describe different calculation screens, showing the most significant specifications of each and why its design from the educational point of view.

### **Main work screen:**

With these guidelines, the main working window takes on the appearance shown in the following image (Fig. 4).

- **Introduction of the data:** In this window the incorporation windows introduction of data so that the information is necessary to be organized and the student does not deviate his attention, relating the data are grouped.
  - Data of the material: The first part refers to the material data. This section is to be prepared to enter data regarding the material and type of profile to be used in design.
  - Facts efforts: Completed material data, this part where the input data for the stresses to which you want to check the bar in question is incorporated ion is activated.





Fig. 4. Aspect of the main screen of the tool APERMET.

- Checking:** Difference this main window with the above, lies mainly in the points to calculation results are incorporated, as these data in order to arrange each pair calculated to meters, are sorted and shows the corresponding the check. Thus a generic checks section appears in her place, where through different buttons gives way to a secondary windows to conduct analysis. These buttons are activated the function gradually that the input data (first CHECKING) are completed or post CHECKING (other tests) is run.

**Options.** Provide an option to save and store the generated jobs, so that students can save their exercises and to check them or recover them as the course progresses is enabled.

### CHECKING 1. Section class.

As specified above, upon completion of the general data, you can access the various checks. The first corresponds to checking enabled TEST CLASS PROFILE. This window fits into the overall design Entering data and calculation results (Fig. 5).

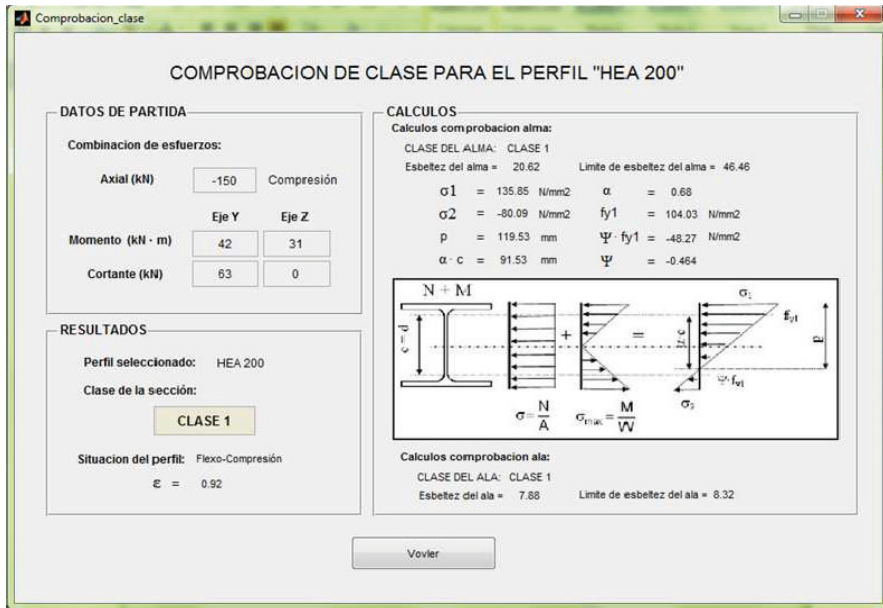


Fig. 5. Aspect Screen Checking Tool Class APERMET.

**Introduction to the data.** (Baseline data) In this case, the information in the window is inactive and are loaded from the previous window to change the values of calculation, it must act on the main window. This aspect, which generally repeated in the different tests, intended to give an idea of what perimeter are common in the checks, by allowing students to create a data structure and data become know as previous data or other CHECKING that can be successful.

**Calculations.** In this section the values of calculation is necessary to classify the profile of the corresponding supported scheme that identifies each of the variables described. The calculations for the flange and web are made separately, so that a result of class for each of these elements are obtained.

**Results.** The result of the calculation to the section is to be determined by the class resulting from unfavorable between the flange and web. Here, this section automatically generates result, appearing the resulting class section versus stresses introduced. In addition to the situation in which the profile is shown.

## CHECKING 2. Resistance of section.

This test determines the strength capacity of the selected section. With it checks if the applicants selected profile resist stresses introduced in the main screen. At this level of advancement in the calculation, if the student section not detected that resisted such efforts, may elect to change the selected profile by no greater in the main editing window,

or continuing other checks.

This window is divided into two sections. The first, as happened in the previous window shows the start data taking program for the calculation. The second shows the calculation results. In this case the calculations section is not used, since this test does not require intermediate calculations break down.

**Introduction to the data.** As in the previous CHECKING, the data are loaded into the tab of general work, so to incorporate any change must take this last.

**Results.** In this case, in addition to incorporate the criterion of whether the profile is to (MEETS) or it is not, the level of depletion in turn broken down by the quantity shown corresponding to each type of effort: axial, moment and shear; calculated is specified in the CTE. This last data can be very useful to the student to conduct a preliminary sizing of any part, as a change to ask profile can go investigating how will affect the level of exhaustion in it, for the profile right to a pre-sized.

### CHECKING 3. Slenderness

Through this window you can calculate the slenderness of the piece to be analyzed. This check is not necessary to include in any order of calculation, however, is positioned in the third place because for testing interact outside the bar and intrinsic characteristic of the structure analyzed conditions, therefore, it seems logical its activation as long as you are clear about the profile is starting to look and not before. Thus, in the hierarchy of analysis selected, the assimilation of concepts by students is a priority and try to locate the status of the calculation which is at all times (Fig. 6).

The particularity of this test makes data entry for this check is editable, so that data previously shown in white, and can only exit the application if completed and testing is calculated. The calculation option in turn, does not activate until all the data are not properly completed, similar to the data entry screen on the main job.

Furthermore, the results option is designed using a graphical output schemes, depending on where the divided sections to analyze the function of the shaft and rod are analyzed sample.

**Introduction to the data.** - For the calculation of the slenderness, the initial data used in previous mechanics are necessary concerning the character Profile Statistics therefore Baseline data in the selected profile on the main screen. To the calculation of slenderness is necessary to introduce new data to get the results, so are structured ion function of the two axes of the profile to be analyzed.

**Results** -. Results window by design a graphic output which is coupled to each of the intermediate values of calculation for each of the axes of the bar and each section therein. Therefore, the section "calculations" should be deleted to create a clearer the student environment, in which the characteristic parameters of each section and each axis

are encompassed around the outline. In order to display the values of outcome, each is necessary to calculate the intermediate values CHECKING, as it is coefficients and reduction or buckling to be necessary to calculate successful checks.

The particularity of showing the results grouped in this window, and that the data entry is done in the same field checking out the different sections, means that in this case the message validity (or FAIL COMPLY) is shown in part of the input. However, you can fully corroborate this in the results section, by simply comparing the limit introduced in the introductory paragraph is less than the reduced slenderness parameter  $\lambda$  shown in each section.

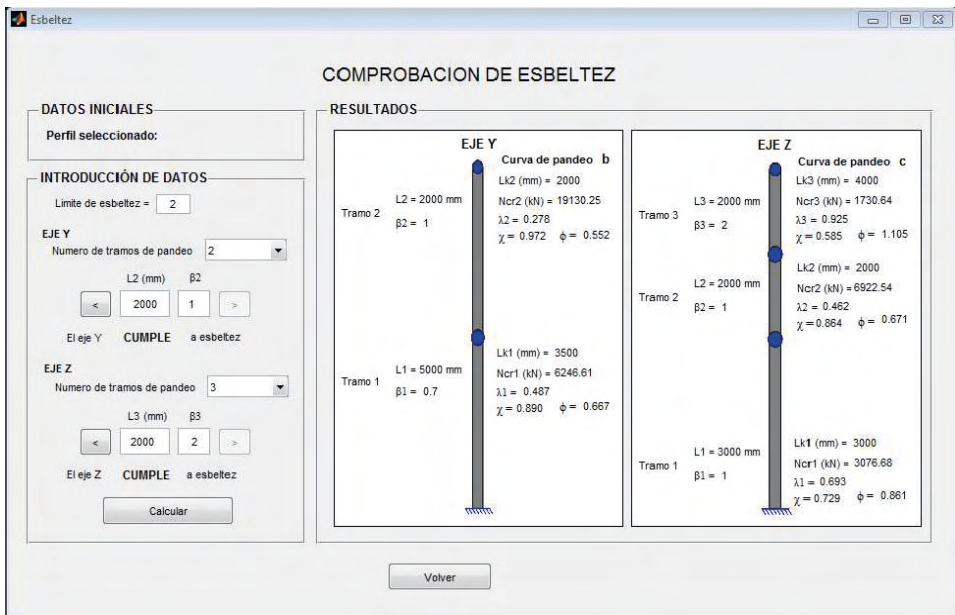


Fig. 6. Screen appearance of slenderness Checking Tool APERMET.

## CHECKING 4. Lateral Buckling

Data Entry, Calculations and Results: When operating a new interface, structured similarly to the previous corresponding to this check button on the main screen. In this case, the initial data section has been combined with Data Entry, since the only data required is the characteristics of the profile. The window is distributed as shown in the figure 7.

Because of the similarity with the above checks, it is not going to expand on your explanation. However, as a particular aspect, a new concept appears in this section for determining the C1 parameter. In this case, we have designed a help button that calculates the value if it is not aware of it, so act on it a help window is displayed through action buttons with different diagrams printed on them. From them, the student can select the

option that best suits your problem automatically assigned the corresponding value.

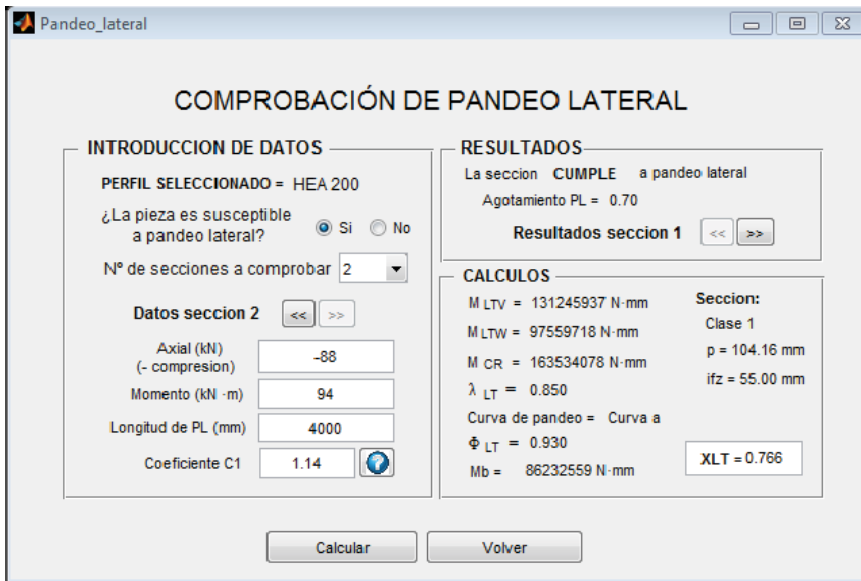


Fig. 7. Screen Testing of Lateral Buckling APERMET tool.

## CHECKING 5. Resistance Bar

This is the last check and in turn the most complex of all, since it results in the rest of the checks and you need to calculate some new coefficients relative complexity involved. This is a test that requires full understanding of the concepts identified in the above checks and the students, as usual, have the biggest problems. Thus, the window is reserving a special space structure coefficients “more complexity” in its determination, showing a structured way the rest of coefficients from the above checks for selection.

As seen in the figure 8, the sections in which it is structured have been reconfigured due to the number of parameters involved in the same, resulting: Data mode, data Buckling, Data Lateral Buckling, calculator coefficients K, Calculation of coefficients Cm and Results.

**Start data.** - As happens in other checks, the data previously loaded in the main window, as derived from CHECKING class. Profile is analyzed and the stresses to which applicants workpiece is subjected to analysis.

**Data buckling.** - In this section, the user must define the pair to buckling meters that will influence the calculation of c to exhaustion and that have previously been calculated. You must select the position corresponding to the ion in which efforts are made to applicants the main window, to which the program take to the reduction coefficient or n by  $\chi$  buckling and slenderness corresponding section.

**Data lateral buckling.** - Similar to the field reserved ratio (buckling), you must select

options for the lateral buckling.

**Calculator coefficient  $C_{m_i}$**  -. This is intended to calculate the different tees equivalent moment coefficient ( $C_m$ ).. This is an interactive window despite being a section that displays data from calculation, which has been designed in this way with the fundamental objective of enmarar students to the calculation of each pair to metro, focusing on the same data to do so.

Thus, the paragraph is structured into three sets of input, one for each coefficient  $C_{m_y}$ ,  $C_{m_z}$  and  $C_{m_{LT}}$  . Each coefficient is determined by the bending moment diagram that most closely resembles the situation of the bar shown to the right of the check (5 cases), to the axis of bending for each coefficient, and the dimension between points braced appropriate. Therefore, each coefficient is calculated similarly, given its bending axis and braced position points.

**Calculation of the coefficients of interaction  $k$**  - This is specified in the DB SE-A CTE, the following coefficients are set:  $k_y$ ,  $k_z$  and  $k_{yLT}$  .

The screenshot shows the 'Resistencia\_barra' software interface. It is divided into several sections:

- DATOS DE INICIO:**
  - Perfil seleccionado: HEA 200
  - Esfuerzos:
 

	Eje Y	Eje Z
Axial (kN)	-150	
Momento (kN · m)	42	31
Cortante (kN)	63	0
- DATOS DE PANDEO:**
  - Eje Y: Tramo 1, L1 = 5000 mm, λ = 0.48, χ1 = 0.890
  - Eje Z: Tramo 1, L1 = 3000 mm, λ = 0.69, χ1 = 0.729
- DATOS DE PANDEO LATERAL:**
  - Seccion 1, XLT = 0.766
- CALCULO COEFICIENTE K:**
  - Ky = 1.034, Kz = 0.000, KyLT = 0.984
- RESULTADO:**
  - Agotamiento para toda pieza: Agotamiento total = 0.54 **CUMPLE**
    - Agotamiento por axial = 0.12
    - Agotamiento por momento y = 0.42
    - Agotamiento por momento z = 0.00
  - Agotamiento para piezas susceptibles a pandeo por torsion: Agotamiento total = 0.63 **CUMPLE**
    - Agotamiento por axial = 0.15
    - Agotamiento por momento y = 0.48
    - Agotamiento por momento z = 0.00
- CALCULO DE COEFICIENTES  $C_m$ :**
  - Coefficiente  $C_{m_y}$ :**
    - Calculador  $C_{m_y}$  (selected),  $C_{m_y} = 0.9$
    - Selección de caso de momentos flectores: 1
    - Mh (kN · m) = 60, Ψ · Mh (kN · m) = 35
    - Resultado:  $C_{m_y} = 0.83$
  - Coefficiente  $C_{m_z}$ :**
    - Calculador  $C_{m_z}$  (selected),  $C_{m_z} = 0.9$
    - Selección de caso de momentos flectores: No consid...
    - Mh (kN · m) = [empty], Ψ · Mh (kN · m) = [empty]
    - Resultado:  $C_{m_z} = 0.00$
  - Coefficiente  $C_{m_{LT}}$ :**
    - Calculador  $C_{m_{LT}}$  (selected),  $C_{m_{LT}} = 0.9$
    - Selección de caso de momentos flectores: 1
    - Mh (kN · m) = 60, Ψ · Mh (kN · m) = 44
    - Resultado:  $C_{m_{LT}} = 0.89$
- DIAGRAMAS:** Five diagrams (CASO 1 to CASO 5) showing bending moment distributions for different cases. CASO 1 is a linear distribution, CASO 2 is a triangular distribution, CASO 3 is a parabolic distribution, CASO 4 is a curved distribution with a peak, and CASO 5 is a curved distribution with a trough.

Fig. 8. Screen Testing of Resistant Bar APERMET tool.

**Results.** The result in this section is generated in a manner similar to the result for the CHECKING 2, so the criterion validity of the profile (COMPLY or FAIL TO COMPLY) joins the time it shows the level of exhaustion broken down by the quantity to each type of effort calculated is specified in the CTE for this CHECKING.

### 3 | UTILITY IN TEACHING

The result of this work is reflected in APERMET © Tool to calculate Metallic profiles according to the Technical Building Code, a matter clearly intended for use in teaching in engineering, but with the possibility of being used in the activity professional.

Thus, in the course of the subjects, the tool is presented to students as a tool of support that can optimize the time devoted to this subject since the time of conducting the study and exercises manually. They can check and/or advance the exercises by modifying different situations that reinforce the concepts applied.

The experience after several years presenting the tool shows that the use of this tool does not present a very high activity among students who enrolled subjects with regular attendance at classes, and who choose to ask directly in the tutorials or class.

However, it is pleasantly noteworthy that the use of this tool is widespread among the proportion of students who for various reasons cannot ordinarily attend the classes and / or tutorials, and need extra effort to reinforce the concepts studied. This makes it very useful for them to use a tool that helps them to confirm that the work done on the subject is correct and if not, the wrong focus quickly to advance and refine the concepts on working concept.

As mentioned, it is very important for them to identify mistakes since the large number of calculations required for the performance of a problem can lead to uncertainty of when and where the error presents the proposed resolution.

Furthermore, the design of evolutionary screen helps strengthen each item of evidence, so that they are given visual and intuitive way to follow developments in the different tests to be performed. Use Windows style applications to which students are very accustomed to using its utility makes it very attractive.

### 4 | CONCLUSIONS

The main conclusions obtained after the generation of the tool and made available to students are:

- The program fits nicely structured and the subject content form, so that it can be used perfectly for their support in teaching.
- The tool to evolutionary character of its interface allows to guide the student in the compression problems optimizing the time devoted to study.
- It is noteworthy that the highest activity with this tool is presented by students

who do not regularly attend the classes, recognizing APERMET as a valuable tool for learning complement.

- From experience, the tool as very interesting addition is proposed to be used in new formations that is now emerging, based on policy or telematic teaching to adopt the use of the internet where APERMET help clearly to enhance the study as related to structural calculation, because although as has been said its utilization requires prior knowledge in calculation of structures, the ease of handling makes it more intuitive to their learning.

## REFERENCES

CTE (2006). Código Técnico de la Edificación, Ministerio de Vivienda, Madrid, España.

EAE (2011). Instrucción del Acero Estructural, Ministerio de Fomento, Madrid, España.

UNE-ENV 1993-1-1 (1992). Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1, AENOR, Madrid, España.



## DISPENSO DE RAÇÃO EM PÓ DE PEIXES POR PROTÓTIPO DE ALIMENTADOR AUTOMÁTICO

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data da submissão: 06/08/2021*

### **Rafael Itamar da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/4538215607836730>

### **Harthur Guzzi Madalosso**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Agronomia.  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/9711882534808428>

### **Carlos Eduardo Zacarkim**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Engenharia de Energia.  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/381953290225373>

### **Luciano Caetano de Oliveira**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Departamento de Engenharias e Exatas  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/4536577212357447>

**RESUMO:** O trabalho tem como objetivo avaliar a operação do protótipo FI 1300 alimentador automático frente a rações em pó para peixes. Um protótipo de alimentador automático com capacidade de 1300cm<sup>3</sup> tem o silo de Policloreto de Vinila (PVC) com diâmetro de carga de 75 mm. Utilizou-se ração comercial em pó com 40% de

proteína e adicionou uma solução de álcool etílico (92,8°) na proporção de 200 ml por quilo de ração. Os testes foram com a ração sem (RA) e com adição da solução (RB). Uma bancada composta por seis protótipos foi submetida a um total de 1080 acionamentos de dispense nos tempos de 2, 4, 6, 8 e 10s e diâmetros de abertura da boca 5, 10, e 15mm. Para analisar o delineamento fatorial compostos pelas 6 repetições de tempo de acionamento versus abertura a boca, foi aplicada uma análise de variância (ANOVA). Aplicou-se na variável resposta (massa de ração) um protocolo de regressão do modelo de resposta de superfície. Analisado o tempo de acionamento e abertura da boca de maneira geral das rações apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), incremento de massa dispensada em função do tempo. No entanto fica evidenciado que a ração RB possui instabilidade no escoamento em função do incremento de tempo. Para as rações testadas recomenda o uso de abertura 10mm e acionamento máximo 6s para a RB para garantir um funcionamento adequado do arraçamento.

**PALAVRAS - CHAVE:** Aquicultura, dosador, automação.

### FISH FOOD DISPENSING BY AN AUTOMATIC FEEDER PROTOTYPE

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate of the prototype FI 1300 automatic feeder against powdered fish feed. A prototype automatic feeder with a capacity of 1300cm<sup>3</sup> has a polyvinyl chloride (PVC) silo with a loading diameter of 75 mm. A commercial powdered feed with 40% protein was used and a solution of ethyl alcohol (92.8°) was added at the proportion of

200 ml per kilo of feed. The tests were with the ration without (RA) and with the addition of the solution (RB). A bench composed of six prototypes was submitted to a total of 1080 dispensing activations in times of 2, 4, 6, 8 and 10s and mouth opening diameters of 5, 10, and 15mm. To analyze the factorial design composed by the 6 repetitions of activation time versus opening the mouth, an analysis of variance (ANOVA) was applied. A protocol of the surface response model was applied to the response variable (feed mass). Analyzing the time of activation and mouth opening in general, the rations showed significant differences ( $p < 0.05$ ), increment of mass dispensed as a function of time. However, it is evident that the RB ration has instability in the flow because of the increment of time. For the rations tested, it recommends the use of a 10mm opening and a maximum activation of 6s for the RB to ensure proper functioning of the ration.

**KEYWORDS:** Aquaculture , doser, automation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A aquicultura nacional setor do agronegócio com maior potencial de crescimento, para o mundo o Brasil continua sendo encarado como tendo um dos maiores potenciais para a produção de pescados de aquicultura, mas para este potencial ser desenvolvido ele precisa necessariamente passar por um processo de intensificação, que por sua vez precisa de um sistema que possa dinamizar o arraçoamento, um sistema de alimentação automática.

No entanto a utilização de sistema de alimentação automática no Brasil para a aquicultura está em fase de descoberta, análise de viabilidade econômica, resultados práticos em grande escala, adaptação nos sistemas de produção e profissionais capacitados (OLIVEIRA, 2010).

Pesquisas em nível de produção com os protótipos de alimentadores automáticos têm sido realizadas com o propósito de aperfeiçoar o processo de manejo alimentar na aquicultura brasileira (AGOSTINHO et al., 2008; SOUSA et al., 2010; OLIVEIRA 2010, CASTRO et al., 2012). O protótipo de um alimentador automático geralmente é composto por um silo, sistema de liberação da ração e um sistema eletromecânico (AGOSTINHO 2010).

As rações para animais aquáticos podem ser diferenciadas ainda pela estrutura na qual ela é fornecida aos animais. Considerando esse tipo de característica, as rações podem ser estruturadas em flocos, grânulos ou pellets, ou fornecidas na forma de pó ou farelo, as rações em pó, ou fareladas. Essas rações possuem alta concentração proteica e são utilizadas na larvicultura de peixes e também na alevinagem de algumas espécies de pequeno porte.

Produtos tipo em pó tem descarga em silos de duas maneiras: tubular (funil) ou mássica. A existência de um tipo de fluxo ou outro dependerá da natureza do material na forma de pó, bem como do recipiente que o contém.

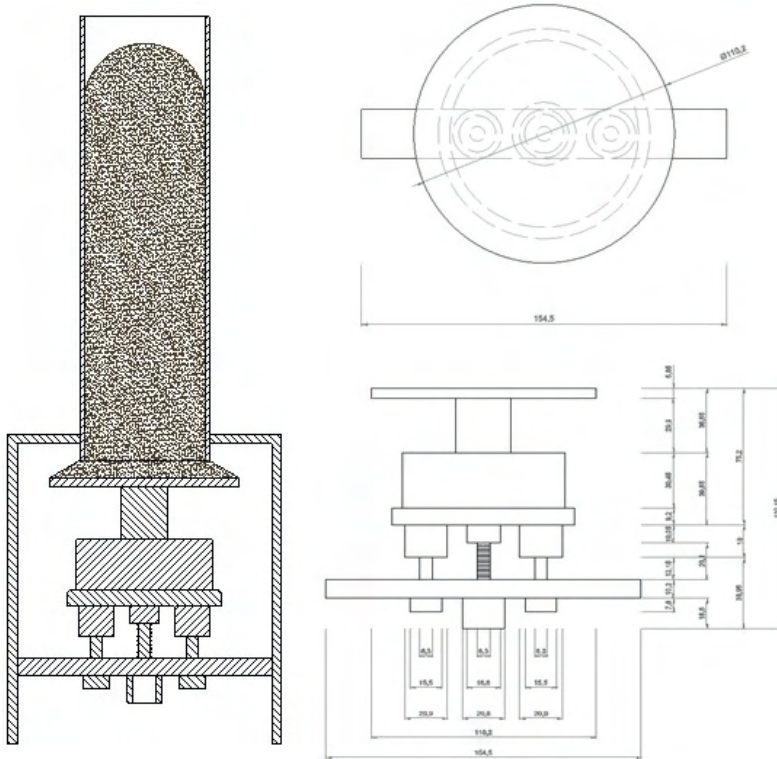
A determinação das propriedades de fluxo é importante por afetar intrinsecamente o comportamento do sólido durante a armazenagem, movimentação e processamento (FITZPATRICK et al., 2004). A caracterização do produto a armazenar consiste em determinar suas propriedades físicas. É o primeiro passo para o projeto de fluxo do produto e cálculo estrutural dos silos, devendo ser realizado em condições mais severas daquelas que podem ocorrer no silo (FREITAS, 2001).

Equipamentos utilizados para arraçamento de rações na aquicultura os alimentadores automáticos que são formados basicamente por um silo, sistema de dosagem e motor são controlados com temporizadores, quando a necessidade de aumento da quantidade arraçada o sistema mais utilizado é o aumento do tempo. Neste contexto o protótipo analisado usa a ração em pó sem e com inclusão de álcool etílico (na produção à inclusão também acrescenta 60,0mg de 17 a-metil-testosterona/Kg de ração para a reversão sexual).

O trabalho tem como objetivo avaliar a operação do protótipo FI 1300 alimentador automático frente a rações em pó para peixes.

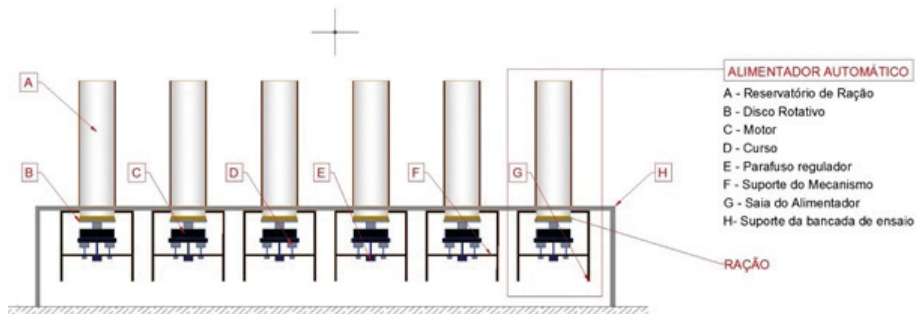
## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento realizado no Laboratório de Inovação Tecnológica e Automação da Aquicultura no Setor Palotina da Universidade Federal do Paraná – UFPR. O protótipo FI 1300 confeccionado quase em sua totalidade de polipropileno (PP) tem silo de Policloreto de Vinila (PVC) com diâmetro de carga de 75 mm, altura do reservatório de 300 mm e volume líquido de aproximadamente 1300cm<sup>3</sup>. Em sua base não apresenta tremonha (diâmetro do silo=boca de descarga), o descarregamento é efetuado por meio de um disco rotativo com 80 mm de diâmetro acionado por motor de baixa rotação (5/6rpm) instalado abaixo da boca do silo. Um sistema de regulação da altura do disco de descarregamento é acoplado na saia do protótipo com curso máximo de abertura de 20 mm (Figura 01).



**Figura 01:** Vista em corte do protótipo “FI 1300”, vista frontal e superior do sistema de dosagem do alimentador automático.

A bancada de ensaio com seis protótipos (Figura 02) instalados lado a lado, nivelados, fixados e controlados por dois circuitos integrados que acionados permitem a regulagem de vários acionamentos por hora e vários tempos de duração dos acionamentos (segundos). Os protótipos já utilizados em teste a nível de campo sofrerão adaptações que constituiu no preparo e readequações de algumas estruturas moveis do mesmo para facilitar a visualização do escoamento da ração.



**Figura 02:** Bancada de ensaio com os seis protótipos “FI 1300” alimentador automático

Para realizar o escoamento das rações, foram utilizados padrões de medidas de abertura (5mm, 10mm e 15mm) produzidos com polipropileno (PP), que propiciaram iguais aberturas durante as repetições do experimento.

Calibrado os alimentadores foram preenchidos com uma quantidade de ração de 500g da ração a ser analisada a vazão, em seguida realizado o escoamento da ração através do acionamento elétrico do motor do protótipo (figura 5A) e coletado a ração escoada naquele instante por um período e abertura pré-determinado (figura 5B). Realizada a coleta da ração e pesada com auxílio de uma balança de precisão, e tomada de volume das quantidades obtidas com uma proveta volumétrica, de acordo com o tempo de acionamento e abertura da saída de ração.

## 2.1 Caracterização dos produtos

Foram utilizados os seguintes produtos: ração farelada (ração A - RA) e a mesma ração farelada com inclusão de álcool etílico (ração B - RB). A ração comercial em pó usada, de acordo com o fabricante, apresentava 40% de Proteína Bruta, 10 % de Umidade, 3 % de Extrato Etéreo, 4 % de Matéria Fibrosa, 18 % de Matéria Mineral, 5 % de Cálcio e 1,5 % de Fósforo. Adicionou-se na ração álcool etílico (92,8°) na proporção de 200 ml por quilo de ração, para simular a inclusão do hormônio utilizado na cadeia produtiva.

As rações foram classificadas em um conjunto de peneiras de aberturas ASTM 1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 425  $\mu\text{m}$ , 355  $\mu\text{m}$ , 212  $\mu\text{m}$  e 180  $\mu\text{m}$ , com utilização de agitador mecânico.

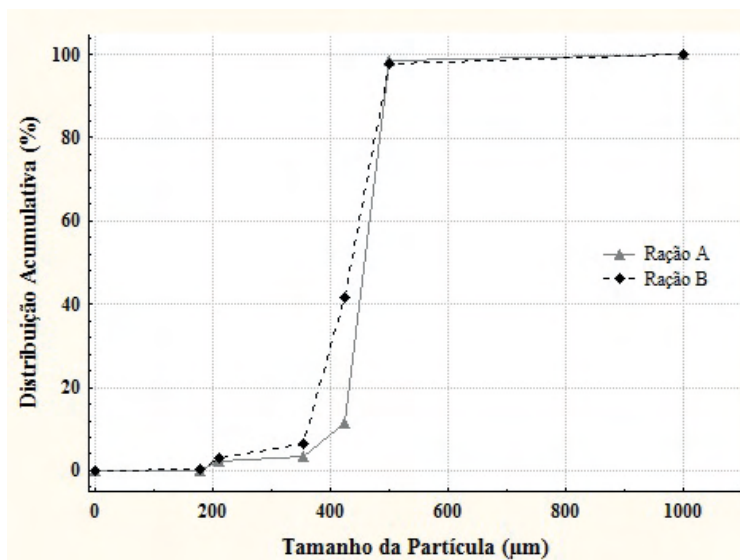
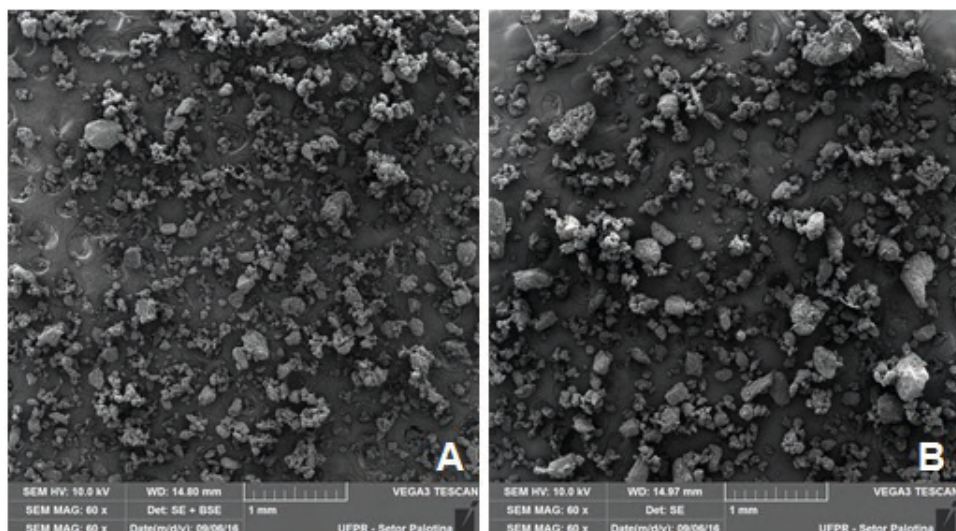


Figura 03: Distribuição acumulativa (%) das dimensões das rações A e B.

Para a caracterização das dimensões e formatos das partículas as rações foram secas em estufa para a retirada da umidade, posteriormente foi feito o uso de microscopia eletrônica de varredura MEV – VEGA3 TESCAN para avaliação das mesmas (Figura 04).



**Figura 04:** Variabilidade no formato dos constituintes da Ração A (A) e Ração B (B).

## 2.2 Delineamento

O delineamento experimental fatorial utilizando cinco tempos de dispense (2,4,6,8 e 10 segundos) e três aberturas (5, 10 e 15mm) com seis repetições em cada protótipo totalizando 540 amostras para cada ração (A e B).

Aplicou-se uma análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% em relação ao tempo de dispense, abertura da boca, e interação entre essas variáveis. Aplicou-se na variável resposta (massa de ração) um protocolo de regressão do modelo de resposta de superfície do software Statistica © (Statsoft, 2005). Um gráfico 3D foi traçado para os efeitos significativos na superfície modelo de resposta.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do produto quanto a granulometria (figura 03), forma e agregamento (figura 04) analisado anteriormente aos testes demonstram que a inclusão de álcool etílico modifica e prejudica o dispense da quantidade de ração pretendida com incremento do tempo de acionamento. Quando analisado o tempo de acionamento e abertura da boca de maneira geral das rações apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), no tempo quanto maior acionado a quantidade média de ração dispensada foi maior. Também para a abertura da boca quanto maior a abertura ocorreu uma quantidade de dispense de ração

maior. Resultados esperados analisados de maneira geral, que demonstra como há um aumento na descarga à medida que o tempo de funcionamento e abertura do protótipo aumento.

A quantidade de ração dispensada em função das aberturas utilizadas demonstra claramente um aumento nas quantidades, contudo, o que se observa é que quando se compara as aberturas de 10mm e 15mm não se obteve uma diferença relevante nas quantidades dispensadas, do que quando se compara as quantidades dispensadas nas aberturas de 5mm e 10mm, obteve-se uma quantidade quase seis vezes maior; e nas duas em questão o aumento não foi maior que 17%.

Quando analisado a tempo de acionamento e abertura da boca conjuntamente apresentaram interação significativa ( $p < 0,05$ ) e evidenciou-se os comportamentos diferenciados em função das aberturas. Visualiza-se que conforme há o aumento do tempo, a vazão de ração aumenta gradativamente na abertura de 5mm, porém o escoamento da ração não ocorre de maneira correta, apresentando falhas no escoamento (amostra nula) após o acionamento da ração B que tem inclusão de álcool etílico para simular o que ocorre na prática da produção. Tal fato pode ser explicado devido à formação do chamado fluxo de funil, que forma de uma espécie de canal de partículas em movimento em determinada zona limitada, enquanto que o restante da ração que deveria ser escoada permanece estática a partir de certo momento do funcionamento do motor. Segundo CALIL JÚNIOR (1990) o tipo de fluxo desenvolvido por um sólido está intimamente relacionado com as características geométricas do silo e pode caracterizar o descarregamento do produto, o tipo de segregação, a formação ou não de zonas de estagnação de movimento e se o silo pode ser esvaziado completamente.

Mas observando-se as descargas médias nas aberturas de 10mm e 15 mm nota-se que ambas tem comportamento semelhante; tendo a abertura de 10mm um escoamento mais contínuo ao longo do tempo para a ração A e limitações do escoamento para ração B a partir 10 segundos de acionamento, já quando temos a abertura de 10mm, isso demora um pouco mais permitindo algumas oscilações do escoamento, apresentando uma variação e descargas maiores em determinados tempo de acionamento superiores a abertura de 15mm.

A Figura 04 (B) demonstra a regressão em forma de superfície resposta onde fica claro que a inclusão de álcool etílico na ração B (RB) causa uma instabilidade no dispense de ração em função do aumento linear de tempo de acionamento. Para a ração A (RA) figura 04 (A) fica evidenciado que utilizando uma abertura de 10mm na boca do protótipo o dispense de ração acontece forma linear quando incrementa acionamento.



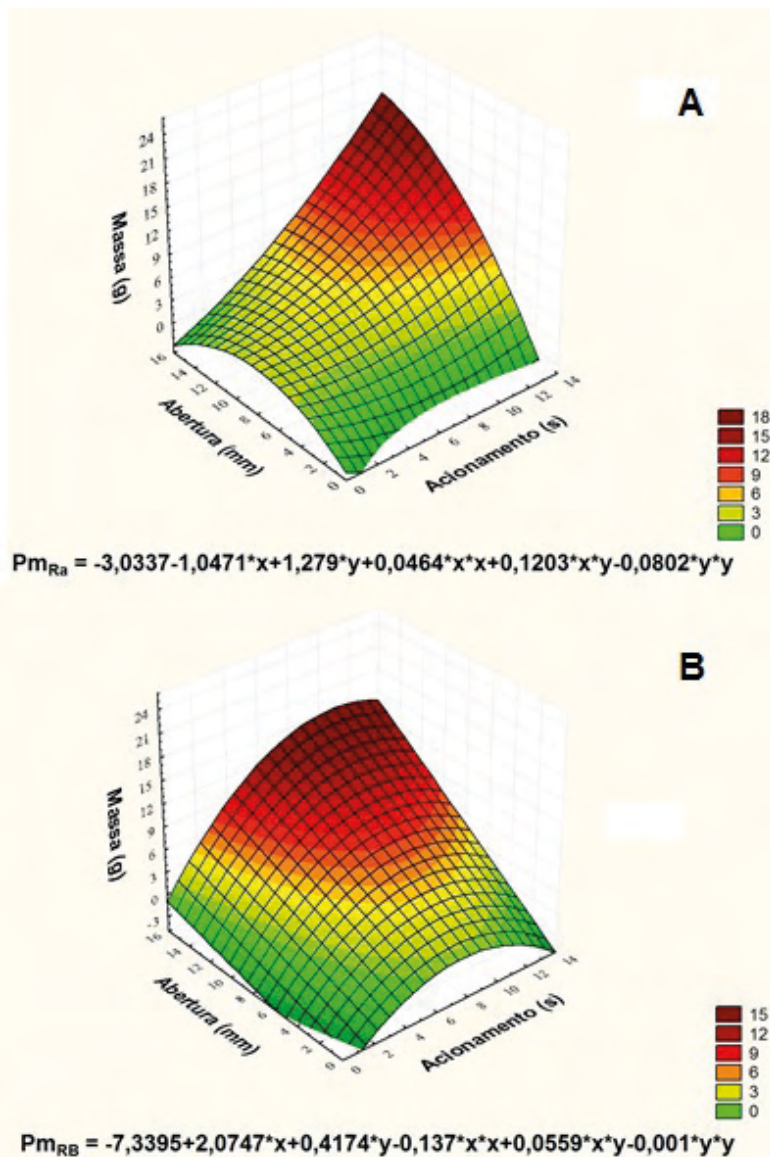


Figura 05: Gráfico superfície resposta 3D, equação de regressão para RA (A) e RB (B).

Segundo CALIL JUNIOR (1990), a forma como um produto escoar por gravidade em um silo é restringido por um lado, pelas próprias propriedades físicas do produto e, por outro, pela geometria e estrutura da superfície de contato, sendo assim quando os motores alternavam seu sentido de funcionamento, estes propiciavam uma movimentação da ração facilitando o escoamento por diminuir o atrito com a superfície no qual estavam alocados. Comumente este comportamento ocorre em formatos de silos de armazenamento com fundo em diagonal, no entanto no protótipo testado o fluxo de funil na RB pode ter sido



formado pela maior agregação da ração que aumenta o atrito e permite zonas de arcos coesivos. Sistema de dispense de produtos pulverulentos geralmente utilizam acessórios e componentes vibratórios para minimizar o efeito funil, arcos coesivos e permitir um escoamento constante.

Dentre os fatores que influenciam o fluxo de produtos sólidos em condição de armazenagem, destacam-se a dimensão das partículas, a temperatura, o teor de umidade do produto e o tempo de armazenagem (CALIL JÚNIOR, 1984) e as propriedades de fluxo são responsáveis por determinar o comportamento dos produtos armazenáveis em silos, tremonhas e transportadores (JULIANO et al. 2006).

Sistema de dispense de produtos pulverulentos geralmente utilizam acessórios e componentes vibratórios para minimizar o efeito funil, arcos coesivos e permitir um escoamento constante. Sistemas que não possuem tremonhas ajustáveis e motores vibratórios devem ser desenvolvidos para evitar tais eventos relacionados acima, ou instruir no manual de operação o uso adequado e capacidades de dispense de ração constantes.

Sistemas mais atualizados de gerenciamento do manejo alimentar que controlam os alimentadores automáticos para peixes são compostos por quadros automatizados com controladores lógicos programáveis (CLP) que atuam diretamente na quantidade de ração a ser arraçoadas pelos alimentadores. A forma mais utilizada e fácil de aumentar a quantidade de ração é aumentando o tempo de acionamento dos motores atrelados aos dosadores de ração.

O protótipo avaliado e desenvolvido com proposta funcional simples, baixo custo de produção, baixa manutenção já testado a nível de campo atendeu as expectativas proposta. No entanto com esse trabalho de laboratório evidenciou-se que a correta operação garantirá as quantidades pretendidas de ração.

## 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que devido as peculiaridades das rações em pó frente ao dispense pelo protótipo a ração RB apresentou instabilidade no escoamento em função do incremento de tempo. Para as rações testadas recomenda o uso de abertura 10mm e acionamento máximo 6s para a RB (incorporado álcool etílico) ração similar as condições operacionais nos processos de reversão sexual de peixes, o que evidencia mais ainda para garantir um funcionamento adequado do arraçoadamento.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, L. M. ; NAKAMURA, M. ; SCARANO, A. C. ; AGOSTINHO, C. A. ; ARGENTIM, D. ; OLIVEIRA, L. C. ; KUNII, E. M. F. ; SOUSA, R. M. R. . **Uso de Alimentadores Automáticos em Piscicultura Comercial**. In: AquaCiência, 2008, Maringá. AquaCiência, 2008.

AGOSTINHO, C.A. et al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. Brasil. PI10055363, 03 dez. 2010. INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

CALIL JUNIOR, C. **Sobrepeçones em las paredes de los silos para almacenamiento de productos pulverulentos cohesivos**. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1984.

CALIL JUNIOR, C. **Recomendações de fluxo e de cargas para o projeto de silos verticais**. São Carlos: USP, 1990. 197p.

CASTRO, C. S. ; AGOSTINHO, C. A. ; ARGENTIM, D. ; ALEXANDRE, J. S. ; OLIVEIRA, L. C. ; SOUSA, R. M. R. ; PADILHA, P. M. . **Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency**. *Aquaculture (Amsterdam)*, v. 326, p. 123-128, 2012.

FITZPATRICK, J. J.; BARRINGER, S.A.; IQBAL, T. **Flow property measurement of food powders and sensitivity of Jenike's hopper design methodology to the measured values**. *Journal of Food Engineering, Elsevier Science*, n.61, p.399-405, 2004.

FREITAS, E. G. A. **Estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano**. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 2001.

JULIANO, P.; MUHUNTHAN, B.; CÁNOVAS, G. V. **B. Flow and shear descriptors of preconsolidated food powders**. *Journal of Food Engineering*, v.72, n.2, p.157-166, 2006.

OLIVEIRA, L. C. **Altas Frequências de Arraçamento nas Fases Iniciais da Criação de Tilápias em Hapas**. Botucatu, SP. 2010. 64p. Tese (Doutorado em Zootecnia).

SOUSA, R. M. R.; AGOSTINHO, C. A.; OLIVEIRA, L. C.; ARGENTIM, D. ; CASTRO, C. S. KUNII, E.K. . **Desempenho produtivo de tilápia do Nilo em lotes revertidos ou não, alimentados em diferentes frequências**. In: 47ª REUNIÃO ANUAL D SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2010, Salvador.

## ESCOAMENTO DE RAÇÃO POR UM DOSADOR AUTOMÁTICO UTILIZANDO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS (CEP)

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data da submissão: 05/08/2021*

### **Rafael Itamar da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/4538215607836730>

### **Dircelei Sponchiado**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Engenharia de Energia. Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/8408297527024716>

### **Maurício Guy de Andrade**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Engenharia de Energia. Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7174805762530986>

### **Luciano Caetano de Oliveira**

Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Departamento de Engenharias e Exatas Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/4536577212357447>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o escoamento de rações comerciais frente a um dosador utilizado na aquicultura utilizando controle estatístico de processos (CEP). Um total observado de 1500 dados nos tempos de 2, 4, 6, 8 e 10s para as rações de 1, 1,7 e 2-3mm e para os diâmetros de abertura de 25,

50, 75 e 100mm. Para analisar os resultados compostos pelas 25 repetições no tempo de calibração pré-determinado de 2 segundos, foi aplicada a estatística descritiva, utilizando o software Minitab®. Para a análise de qualidade do processo, os resultados foram avaliados por meio do controle estatístico de processo (CEP), utilizando-se das cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel, utilizando o programa computacional Minitab. O dosador apresentou precisão em sua operação utilizando rações de 1, 1,7 e 2-3mm nos diâmetros de escoamento de 25,50,75 e 100mm, se aproximando dos valores desejados; e apresentando comportamento estável e condições de manter a qualidade na operação todas as variáveis. Pode se observar que o dosador apresenta um desempenho considerado estável em todos os tempos e diâmetros de escoamento testados.

**PALAVRAS - CHAVE:** Cartas de controle, dosador, aquicultura, alimentação, automação.

### FISH FEED FLOW BY AN AUTOMATIC DOSER USING STATISTICAL PROCESS CONTROL

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the flow of commercial feed to a dosage used in aquaculture using statistical process control (CEP). A total observed of 1500 data at the times of 2, 4, 6, 8 and 10s for rations of 1, 1,7 and 2-3 mm and for the opening diameters of 25, 50, 75 and 100 mm. In order to analyze the results composed by the 25 repetitions in the pre-determined calibration time of 2 seconds, descriptive statistics were applied using Minitab®

software. For the analysis of the quality of the process, the results were evaluated through statistical process control (CEP), using the control charts of individual values and mobile range, using the Minitab computer program. The doser presented precision in its operation using ratios of 1, 1,7 and 2-3mm in the flow diameter of 25,50,75 and 100mm, approaching the desired values; and presenting stable behavior and conditions to maintain quality in operation all variables. It can be observed that the doser presents a performance considered stable in all times and flow diameters tested.

**KEYWORDS:** Charts control, doser, aquaculture, food, automation.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil produziu 691.77 toneladas de peixes em 2017, onde 51,7% foram tilápias, que o crescimento e colocou o país como o 4º maior produtor deste peixe no mundo, apenas atrás de China, Indonésia e Egito – o berço da tilápia. A produção de peixes nativos (principalmente tambaqui, pacu, pirapitinga e seus híbridos) significam 43,7% da produção, mais de 300 mil toneladas. O valor da produção brasileira ultrapassa US\$ 1,5 bilhão. O Paraná com (105.392 t), São Paulo (66.101 t), Santa Catarina (32.930 t), Minas Gerais (27.579 t) e Bahia (22.220 t) são os maiores produtores deste peixe, somando 260.830 t, ou 64,9% da produção total de tilápias no Brasil (PEIXE BR, 2017).

Após sobreviver à crise hídrica dos anos de 2014 e 2015, a tilapicultura brasileira ingressa em nova fase da sua história recente: a automação no campo. Equipamentos modernos nos frigoríficos e nas fábricas de ração sempre foram comuns na atividade. A novidade agora é a adoção, e até mesmo o desenvolvimento de equipamentos, que conferem maior agilidade, melhor qualidade e, especialmente, bem estar dos peixes nas etapas de produção de alevinos, classificação e despesca. Alguns destes equipamentos são importados, outros produzidos em indústrias brasileiras e há ainda os que são desenvolvidos na própria fazenda. A necessidade de se trabalhar com maior eficiência objetivando o ganho em escala, estimula a criatividade dos produtores (SUSSEL 2016).

O desenvolvimento tecnológico da aquicultura deve seguir caminhos semelhantes aos da avicultura de corte, onde a automatização do fornecimento da ração teve grande importância na produção. A diferença básica da alimentação automática entre estas duas áreas é que na avicultura a ração permanece disponível no comedouro e a ave controla sua ingestão diária, entretanto para a alimentação de peixes a ração oferecida precisa ser consumida imediatamente, pois é fornecida na água, lixiviando nutrientes para o ambiente (CARMELIN JUNIOR, 2014).

A automação do manejo alimentar na aquicultura tem por finalidade o aumento da produtividade, diminuição de resíduos e maior capacitação da mão de obra, além de favorecer maior uniformidade dos lotes e melhorar a eficiência alimentar devido a possibilidade de utilização de altas frequências de alimentação (OLIVEIRA, 2010). As pesquisas que visam o desempenho zootécnico na aquicultura são comuns, no entanto

pesquisa e desenvolvimento tecnológico de equipamentos e processos na aquicultura são escasso, devido ao custo elevado, necessidade de profissionalização na área. Neste contexto ensaios em laboratório para validar a viabilidade de processos de equipamentos como alimentadores automáticos podem ser executados de maneira satisfatória utilizando controle estatístico de processo.

O controle estatístico de processos (CEP) compreende um sistema de várias ferramentas estatísticas que podem analisar a estabilidade e qualidade de operações, onde sua melhoria pode ser compreendida pela redução da variabilidade do processo (NORONHA et al., 2011). Diante disto o objetivo deste trabalho foi avaliar o escoamento de rações comerciais frente a um dosador utilizado na aquicultura utilizando controle estatístico de processos (CEP).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Inovação Tecnológica e Automação na Aquicultura do Departamento de Engenharias e Exatas da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, no ano de 2017.

Foram adquiridas três rações comerciais extrusada da marca guabi® modelo guabitech, com proteína variando de 32 a 36%.

A confecção do protótipo do simulador de escoamento de ração, partiu do modelo usado por (LOPES NETO, 2007) para produtos agrícolas e adaptado conforme se detectava as necessidades para seu uso.

Sua base toda em polietileno de alta densidade (PEAD) com chapa de 8 mm de espessura e 740 mm de comprimento, 590 mm de largura e 300 mm de altura composta por 6 colunas de 35 mm de diâmetro com 300 mm de altura cada. Na base um recipiente de coleta de ração medindo 700 mm de comprimento por 530 mm de largura e 100 mm de altura. (Figura 01). Para a análise do escoamento foram utilizados padrões com diferentes diâmetros, confeccionados em sua totalidade em polietileno de alta densidade (PEAD).

O dosador confeccionado em sua totalidade em polietileno de alta densidade (PEAD), composto por um sistema de regulação de altura (rosca M10x1,5) e neste instalado um micromotor de pêndulo da marca neoyama® modelo AK280 com tensão nominal de 12V, com rotação de 4600 rpm e corrente de 0,35A.

O alimentador que utilizado foi confeccionado em sua totalidade em fibra de vidro com dimensões de 570mm de altura, 410mm de largura, 375mm de profundidade, sua parede com 2mm de espessura, com um ângulo interno de inclinação de 40°, e uma tremonha de 100mm de abertura.

O silo foi colocado sobre uma balança eletrônica da marca MARTE® AD 2000 com precisão de 0,01g conectada a um computador para a aquisição dos dados e, foi carregado concentricamente com 11kg de ração e descarregado por cada orifício em 25 repetições

cujos produtos escolhidos para realização dos ensaios foram, três rações comerciais extrusadas da marca guabi®.

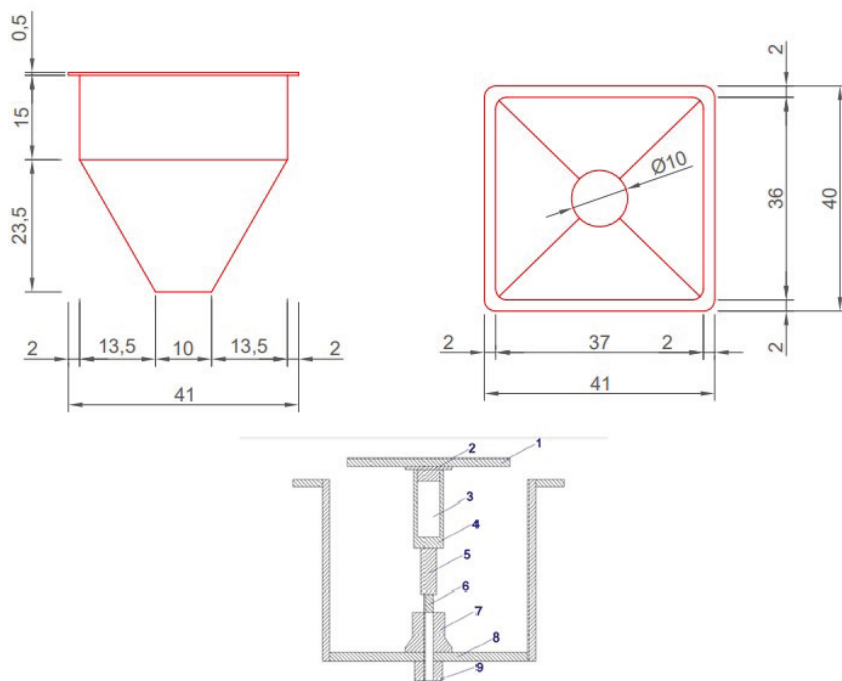


Figura – 1 A Vista frontal alimentador em fibra de vidro. B vista superior alimentador fibra em vidro. C Modelo 2d com a descrição de seus componentes. 1: disco dosador; 2: tampa da capa do motor; 3: motor de pêndulo; 4: suporte do motor; 5: haste suporte do motor; 6: rosca reguladora; 7: suporte fixo da rosca reguladora; 8: barra de fixação; 9: regulador de altura.

A escolha desses produtos foi atribuída a tentativa de se obter a maior variabilidade de dados possíveis, em função das características físicas e de fluxo de cada produto.

Um total observado de 1500 dados nos tempos de 2, 4, 6, 8 e 10s para as rações de 1, 1,7 e 2-3mm e para os diâmetros de abertura de 25, 50, 75 e 100mm.

Para analisar os resultados compostos pelas 25 repetições no tempo de calibração pré-determinado de 2 segundos, foi aplicada a estatística descritiva, utilizando o software Minitab®, sendo identificadas medidas de tendência central (média aritmética e mediana), medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação) e medidas de assimetria e curtose, além de também ter sido aplicado o teste de Anderson-Darling para caracterizar a normalidade da distribuição dos dados.

Para a análise de qualidade do processo, os resultados foram avaliados por meio do controle estatístico de processo (CEP), utilizando-se das cartas de controle de valores individuais e de amplitude móvel, utilizando o programa computacional Minitab® que são compostas por três linhas horizontais, em que a central indica a média geral ou amplitude média, e também os limites superior e inferior de controle (LSC e LIC), respectivamente,

que possuem como base de cálculo o desvio-padrão das variáveis analisadas.

Aplicou-se uma regressão linear para as diferentes rações, em diferentes diâmetros de escoamento afim de verificar o efeito do escoamento em função do tempo utilizando o pacote Excel®.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados visualizados na estatística descritiva (Tabela 1) possibilitam melhor compreensão de como os dados se comportaram ao longo das avaliações, indicando que as variáveis analisadas, em todos os arranjos, possuem distribuição normal dos dados, segundo teste de Anderson-Darling, os valores encontrados permitem visualizar a proximidade entre os valores dos indicadores de tendência central (média e mediana) de modo geral, independentemente dos fatores testados.

Variável	Arranjos	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV (%)	Coeficientes		AD*	p-value
							CS	CK		
Ração 1mm	R1D25	25	10.463	10.480	0.126	1.20	0.19	0.47	0,273N	0,637
	R1D50	25	24.318	24.320	0.203	0.84	-0.22	-0.70	0,288N	0,589
	R1D75	25	34.486	34.480	0.220	0.64	-0.37	0.28	0,179N	0,908
	R1D100	25	48.805	48.740	0.523	1.07	0.74	0.89	0,265N	0,666
Ração 1.7mm	R1.7D25	25	9.592	9.540	0.233	2.45	-0.38	-0.74	0,323N	0,310
	R1.7D50	25	29.600	29.650	0.242	0.82	-0.53	0.19	0,190N	0,890
	R1.7D75	25	46.366	46.320	0.300	0.65	-0.25	-0.22	0,344N	0,460
	R1.7D100	25	74.082	74.190	0.760	1.03	-0.36	-0.81	0,323N	0,509
Ração 2-3mm	R2-3D25	25	11.066	11.120	0.539	4.87	-0.30	0.69	0,201N	0,866
	R2-3D50	25	36.972	37.000	0.473	1.28	0.41	-0.30	0,276N	0,627
	R2-3D75	25	53.964	53.850	0.922	1.71	0.17	-0.85	0,214N	0,831
	R2-3D100	25	76.048	75.990	1.516	1.99	0.12	-0.31	0,114N	0,99

N: números de repetições CV: coeficiente de variação; Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose; AD: Teste de normalidade de Anderson-Darling; \*N: distribuição normal pelo teste de Anderson-Darling; A: distribuição assimétrica; p-value: valor de probabilidade, pelo teste de Anderson-Darling.

Tabela 1- Estatísticas descritivas das variáveis de acordo com seus arranjos: ração 1, ração 1,7 e ração 2-3mm em diferentes diâmetros de escoamento no tempo de 2 segundos para análise de variância e teste de médias para análise de variância e teste de média

Os valores encontrados para a variabilidade (%) encontram-se todos abaixo de 5% mostrando que os resultados com um (CV) considerado baixo, visualizando assim uma baixa variabilidade no parâmetro.

De acordo com Pimentel-Gomez & Garcia (2002), a variabilidade de determinado

parâmetro é classificada de acordo com o valor encontrado para o coeficiente de variação (CV), podendo ser atribuído como baixo (menor que 10%), médio (entre 10 e 20%), alto (20 a 30%) e muito alto (quando maior que 30%). De acordo com a classificação de coeficiente de variação (CV) de Pimentel-Gomez & Garcia (2002) o coeficiente de variação visualizado para todas as rações pode ser considerado como de baixa variabilidade, encontrado abaixo de 10%.

Os resultados para os coeficientes de assimetria encontram-se variando de (-0,53 e 0,74) em torno da média hora se deslocando para direita hora se deslocando para a esquerda da média o que não indica tendência, onde valores de referência variam de (+1 a -1) indicado assimetria fraca, demonstrando assim que os resultados estão dentro da normalidade.

Damasceno (2017) encontrou valores para os coeficientes de assimetria, para as variáveis densidades de semeadura, espaçamentos aceitáveis, falhos e profundidade de sementes apresentaram baixos valores, indicando que os resultados estão bem distribuídos em torno de um valor central (média), enquanto que as demais variáveis apresentaram diversos valores elevados, indicando alto grau de assimetria, às vezes deslocados para a direita, às vezes deslocados para a esquerda, o que pode evidenciar a tendência de deslocamento do valor, quando comparado à média das distribuições dos resultados, não sendo suficiente para tornar a distribuição não normal. O mesmo se pode observar nos valores obtidos para o coeficiente de assimetria hora tendendo a direita do valor central hora tendendo a esquerda assim não sendo suficiente para tornar a distribuição não normal.

Em relação ao coeficiente de curtose os valores se comportarão entre valores negativos platocúrtica - quando apresenta uma medida de curtose menor que a da distribuição normal e apresentam forma mais achatada, e positiva leptocúrtica - quando apresenta uma medida de curtose maior que a da distribuição normal apresentando assim um maior afilamento das curvas de distribuição.

Nenhum resultado se apresentou fora das curvas de distribuições para os parâmetros analisados, no teste de Anderson-Darling, considerando a distribuição normal.

Cartas de controle para valores individuais e amplitude média, existem muitos critérios para identificar causas especiais, a decisão de qual critério usar depende do processo que está sendo observado. Em geral, se começa de forma simples, avaliamos apenas pontos fora das linhas de controle. Conforme se conhece mais o processo pode-se aumentar os critérios para determinar mais causas especiais de variação (MONTGOMERY, 2001).

Pode se observar na (Figura 2) na abertura de 25mm amostra nº3, 50mm amostras nº 5, 14, 7 amostras nº 6 e 100mm amostra nº75, notamos que os gráficos de controle indicam que o processo está sob controle, até os valores mencionados acima serem plotados. Uma vez que esse ponto sai do limite superior de controle, poderíamos suspeitar que uma causa assinalável tenha ocorrido naquele instante ou antes.



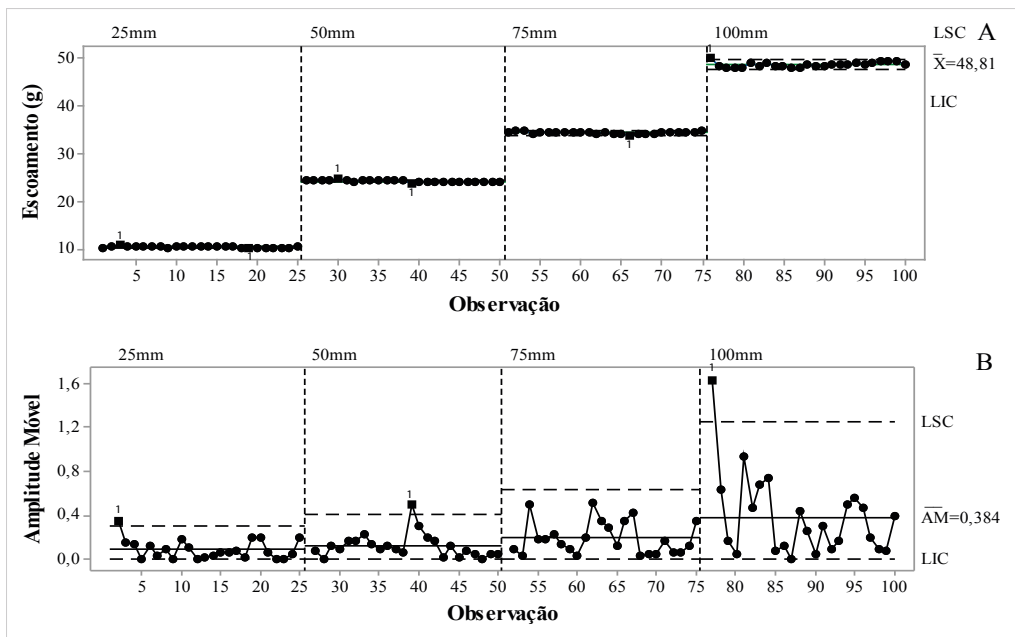


Figura 2- Cartas de controle para ração 1mm com escoamento de 2 segundos por observação a) carta de controle de valores individuais. B) carta de controle para amplitude móvel. Lsc: limite superior de controle. Lic: limite inferior de controle. X: média am: média da amplitude móvel

A partir das análises das cartas de controle começou-se a rastrear todos os pontos fora dos limites de controle e as situações que apontaram a instabilidade do processo, foram encontradas causas comuns ou aleatórias: fontes de variação inerentes a um processo que se encontra sob controle estatístico, as quais são difíceis de identificar, porém, juntas criam um sistema constante de variação. Exemplos: mudanças na temperatura, umidade, vibrações, falhas na sistemática do processo, dentre outras. Diz-se que um processo que opera na presença de causas comuns está sob de controle estatístico (INTITUTO ADOLFO LUTZ 2013).

A carta de controle da ração 1,7mm (Figura 3A) para os diâmetros de escoamento de (25, 50, 75 e 100mm) todos mostraram-se aleatórios em torno da média, não apresentando tendências ou causas especiais. Todos os valores encontram-se dentro de um controle estatístico do processo. Para que um processo seja considerado sob controle estatístico, o mesmo, além de não apresentar um ponto fora dos limites de controle (Regra I), também deve distribuir-se aleatoriamente, tanto acima quanto abaixo da linha central (MONTGOMERY, 2004).

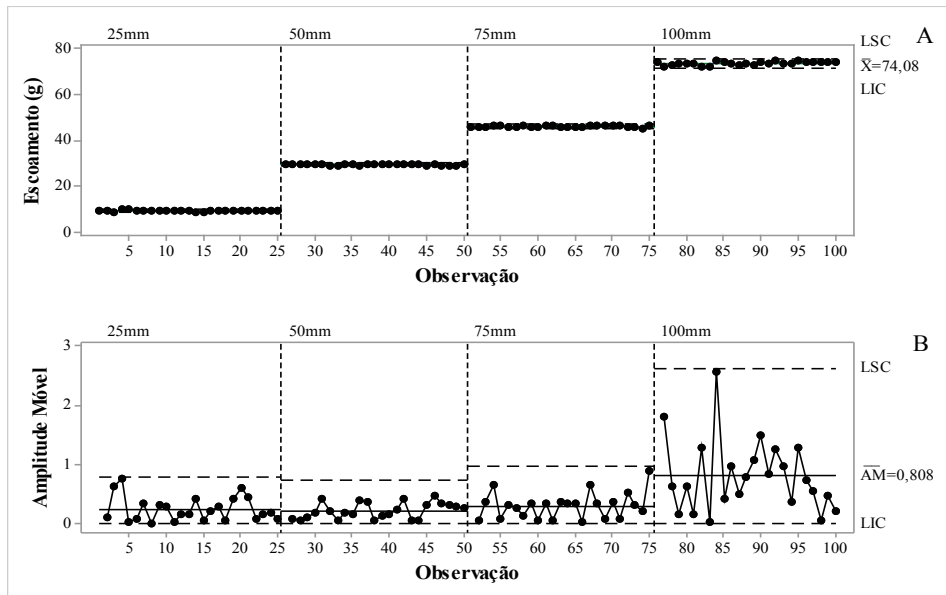


Figura 3 - Cartas de controle para ração 1,7mm no tempo de 2 segundos (a) carta de controle de valores individuais. (b) carta de controle para amplitude móvel. Lsc: limite superior de controle. Lic: limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média am: média da amplitude móvel.

Na ração 2-3mm podemos observar (Figura 4A) na abertura de 25mm, 50mm e 75mm todos os valores encontram-se dentro de um controle estatístico do processo (CEP), havendo apenas uma ocorrência de um falso alarme para o valor da amplitude móvel no escoamento de 25mm (Figura 4B).

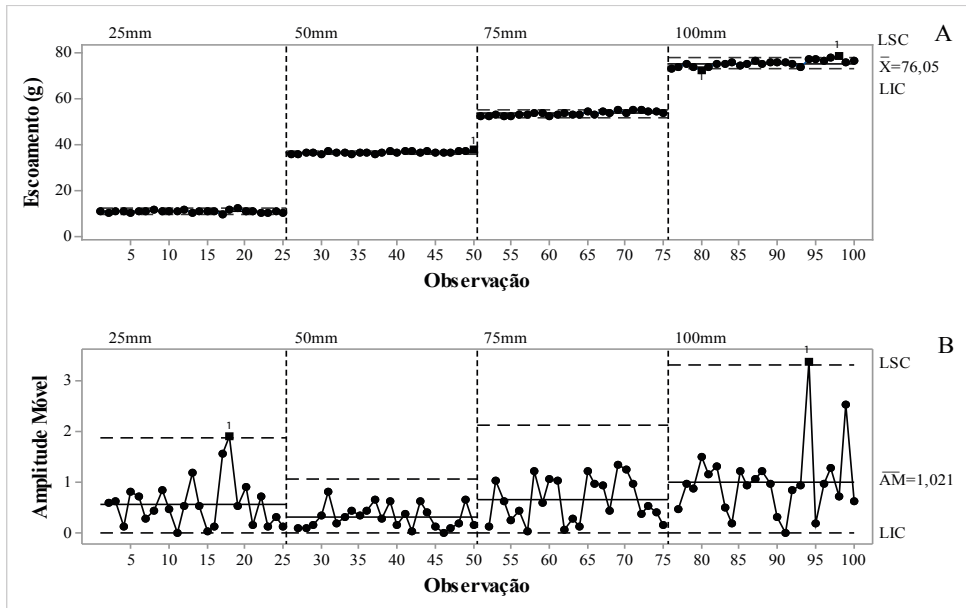


Figura 4 - Cartas de controle para ração 2-3mm no tempo de 2 segundos (a) carta de controle de valores individuais. (b) carta de controle para amplitude móvel. Lsc: limite superior de controle. Lic: limite inferior de controle.  $\bar{X}$ : média am: média da amplitude móvel

Para que um processo seja considerado sob controle estatístico, o mesmo, além de não apresentar um ponto fora dos limites de controle (Regra I), também deve distribuir-se aleatoriamente, tanto acima quanto abaixo da linha central (MONTGOMERY, 2004).

Já na abertura de 100mm nas amostras de nº 80 e 97 podemos observar a ocorrência de causas comuns são as diversas fontes (causas) de variação que atuam de forma aleatória no processo, gerando uma variabilidade inerente do processo. Essa variabilidade representa o padrão natural do processo, pois é resultante do efeito cumulativo de pequenas fontes de variabilidade (causas) que acontecem diariamente, mesmo quando o processo está trabalhando sob condições normais de operação. Um processo que apresenta apenas as causas comuns atuando é dito um processo estável ou sob controle, pois apresenta sempre a mesma variabilidade ao longo do tempo (DUARTE RIBEIRO 2012).

## 4 | CONCLUSÃO

O dosador apresentou precisão em sua operação utilizando rações de 1, 1,7 e 2-3mm no diâmetro de escoamento de 25,50,75 e 100mm, se aproximando dos valores desejados; e apresentando comportamento estável e condições de manter a qualidade na operação todas as variáveis. Pode se concluir que em todos os diâmetros testados a um total escoamento nas diferentes rações testadas. Pode se observar que o dosador apresenta um desempenho considerado estável em todos os tempos e diâmetros de

escoamento testados.

Para utilização deste tipo de dosador em conjunto com um controlador lógico programável (CLP) fica recomendado, para que haja um controle de qualidade sua utilização em tempos de acionamento igual ou inferior a 10 segundos.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos acadêmicos Anderson José de Souza, Felipe de Oliveira e Jeferson Firmino alunos de Engenharia de Aquicultura (UFPR) pela ajuda na condução experimental.

## REFERÊNCIAS

CARMELIN JUNIOR, C, A. **Sistema automatizado de alimentação de juvenis de tilápia**. 2014, 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

DAMASCENO, A F D155s **Sistema dosador de sementes e velocidade de operação na semeadura direta de soja** / Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017.

JOSÉ LUÍS DUARTE RIBEIRO E CARLA SHWENGBER TEN CATEN. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade) ISBN 85-88085-10-0 Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**. III. Título. IV. Série CDU519.2 2012 by J.

LOPES NETO, J.P.; NASCIMENTO, J.W.B.; SILVA, V.R.; LOPES, F.F.M. Propriedade de fluxo e característica de escoabilidade de rações avícolas para dimensionamento de silos. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.851-859, 2007.

MONTGOMERY, D.C. (2001) - **Introduction to Statistical Quality Control**, 4th edition, John Wiley and Sons.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4nd ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros técnicos e científicos, 2004.

NORONHA, R.H.F.; SILVA, R.P.; CHIORDEROLI, C.A.; SANTOS, E.P.; CASSIA, M.T. **Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada diurna e noturna de cana-de-açúcar**. Bragantia, Campinas, v.70, n.4, p.931-938, 2011.

OLIVEIRA, L.C. **Altas frequências de arraçoamento nas fases iniciais da criação de tilápias em hapas**. 2010, 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

PEIXE BR, **Anuário 2017**. Disponível em: [www.peixebr.com.br](http://www.peixebr.com.br). Acesso em: 2017 jul. 2018.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 309 p, 2002.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria de saúde. Coordenadoria de controle de doenças. Instituto Adolfo Lutz. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos**. SÃO PAULO: Instituto Adolfo Lutz, 2013.

SUSSEL; FABIO ROSA. **Aquaculture Brasil**. Automação na Tilapicultura: necessidade para se ter competitividade. 2016 Disponível em: <http://www.aquaculturebrasil.com> acesso em: 19.agosto 2018.

## MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA PyME CON HERRAMIENTAS DE TEORÍA DE RESTRICCIONES

*Data de aceite: 01/10/2021*

**Jorge Tomás Gutiérrez Villegas**

Catedrático de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral Hidalgo del Parral, Chihuahua.  
<https://orcid.org/0000-0003-2902-6020>

**María Leticia Silva Ríos**

Catedrática de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Parral Hidalgo del Parral, Chihuahua  
<https://orcid.org/0000-0002-4989-0185>

**RESUMEN:** Las organizaciones con fines de lucro han sido creadas con el propósito de ganar dinero en el presente y el futuro. La buena administración y un planteamiento de objetivos claros en la producción de bienes son trascendentales en la buena rentabilidad y productividad de las empresas. Las decisiones de mezcla de productos son muy importantes para las organizaciones ya que de ellas dependen los niveles de producción y en consecuencia las utilidades. Este artículo presenta una propuesta metodológica de conceptos de teoría de restricciones para encontrar la mezcla de productos y asignación, que logre maximizar las utilidades y eficiencia en la empresa. Se contrastó el enfoque tradicional de máxima contribución del producto con el de teoría de restricciones que señala la explotación de las limitaciones en función de la máxima contribución en el recurso limitado, llegando a resultados en la PyME que

lograron incrementos de 41.98% en el nivel de utilidades de la empresa y 13.5% en la eficiencia de las operaciones, haciendo a la empresa más rentable y competitiva, todo ello con la aplicación de la metodología y los cinco principios de teoría de restricciones.

**PALABRAS CLAVE.** Teoría de restricciones, mezcla de productos, limitaciones, recursos con capacidad restringida, cuello de botella

### IMPROVEMENT OF THE PRODUCTIVE PROCESS IN A PyME WITH THEORY OF CONSTRAINTS TOOLS

**ABSTRACT:** For-profit organizations are created for the purpose of making money now and in the future. Good administration and an approach to clear objectives in the production of goods are transcendental in the good profitability and productivity of companies. Product mix decisions are very important for organizations since production levels and consequently profits depend on them. This article presents a methodological proposal of concepts of theory of restrictions to find the mix of products and allocation, which can maximize profits and efficiency in the company. The traditional approach of maximum contribution of the product was contrasted with that of the theory of restrictions that indicates the exploitation of the limitations based on the maximum contribution in the limited resource, reaching results in SMEs that achieved increases of 41.98% in the level of profits of the company and 13.5% in the efficiency of operations, making the company more profitable and competitive, all with the application of the methodology and the five principles of the theory of restrictions.

**KEYWORDS:** Theory of Constraints, Product Mix, Limitations, Restricted Capacity Resources, Bottleneck.

## 1 | INTRODUCCION

En los tiempos actuales se exige que las empresas sean altamente competitivas. El diseño y la implementación de los procesos productivos requieren y exigen una solución que plantee fabricar los productos que más satisfagan al mercado, con la máxima calidad y a un costo y tiempo de respuesta que sean los mínimos para lograr ser lo más competitivo posible. El desarrollo de las nuevas metodologías de la administración de operaciones en las últimas décadas del siglo pasado, se han constituido en una de las áreas más importantes del conocimiento y estudio de esta disciplina. Existen metodologías diversas (unas más populares y utilizadas que otras) que tienen como propósito mejorar los sistemas productivos y la calidad de los productos, entre otras se tiene: seis sigma, manufactura esbelta, teoría de restricciones, justo a tiempo, control total de la calidad, cero defectos.

Dichas estrategias buscan mejorar el desempeño en una gran diversidad de negocios y organizaciones utilizando procesos de mejora continua, esta es también conocida como “*Kaizen*” (mejora continua envolviendo a todos), que es el término japonés. La mejora continua debe ser una actividad a realizarse por periodos de tiempo indefinidos, en el lugar de trabajo y la participación de todos los miembros de la organización. En manufactura, *Kaizen* se relaciona con encontrar y eliminar desperdicios en la maquinaria, mano de obra o métodos de producción. (APICS, 2009).

Teoría de restricciones (TOC, *Theory of constraints*) es una estrategia, la cual permite solucionar problemas de organizaciones independientemente de su giro y tamaño, enfocando su solución en procesos de pensamiento lógicos de causa-efecto mediante la explotación de las restricciones o limitaciones del sistema. Cada sistema tiene al menos una restricción, definida como: “cualquier cosa que limita a un sistema para lograr un mayor desempeño con respecto a su meta” (Goldratt, 1992), si no existiera una restricción, entonces un sistema real como una organización con fines de lucro, podría obtener ganancias ilimitadas.

El doctor en física Eliyahu M. Goldratt es el autor de la teoría de restricciones, a principios de los 80's y en el 84 se dio a conocer estos conceptos mediante una novela llamada “La Meta”. Teoría de restricciones o teoría de las limitaciones, según lo indica Davis et al (2001) representa un método de planificación y control de la producción que intenta optimizar la programación por medio de la maximización en la utilización de los cuellos de botella en un proceso de producción. Cuatrecasas (2009) indica que TOC es una alternativa a la gestión tradicional en masa y a manufactura esbelta, no solamente porque supone un avance claro respecto a la gestión de la producción convencional sino porque, además, es conocida y utilizada de forma universal.

Teoría de restricciones es un método que incrementa las utilidades de la empresa respecto a los métodos tradicionales de costos ya que estos últimos buscan lograr eficiencias individuales altas en los procesos de producción, en contraparte TOC trata de obtener eficiencias globales altas olvidándose de las eficiencias individuales. Krajewski et al (2008) afirman que si crean cuellos de botella no se incrementarían las utilidades en todo el sistema, para aumentar las utilidades, las empresas deben estudiar el panorama general mejorando sus procesos para aumentar los flujos de trabajo de la empresa en su conjunto o reducir sus niveles de inventarios y personal. Se parte del principio de que la operación más lenta del proceso (puede ser o no cuello de botella, en función de que tenga capacidad suficiente) es quien marca el ritmo de producción del sistema independientemente de la capacidad real en los otros centros productivos. Afirman también que para aplicar teoría de restricciones se siguen una secuencia de pasos:

1. Identificar el (los) cuello(s) de botella
2. Explotar el (los) cuello(s) de botella
3. Subordinar las decisiones al paso anterior
4. Elevar el nivel productivo del (de los) cuello(s) de botella
5. Cuidar la inercia

## 2 | DESARROLLO

### 2.1 Antecedentes

Teoría de restricciones más que un método de planeación de manufactura, es un método que permite construir e implementar soluciones de sentido común a los problemas de las empresas que atañen a diversas áreas. Goldratt reconoce que toda organización con fines de lucro está hecha para un propósito “ganar más dinero tanto ahora como en el futuro” y toda acción tomada por una parte de la organización debe ser juzgada por su impacto en las utilidades (el propósito general), sin violar ciertas condiciones necesarias. Dos de estas condiciones son (Goldratt, 2007):

1. Proveer un ambiente de trabajo satisfactorio a los empleados tanto ahora como en el futuro.
2. Proveer satisfacción al mercado tanto ahora como en el futuro.

El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico de los procesos actuales en la empresa donde se realizó el proyecto que corresponde a una Pequeña y Mediana Empresa (PyME), que permitió detectar oportunidades de mejora y en consecuencia el planteamiento de una propuesta de solución a la oportunidad encontrada en el sistema analizado. El diagnóstico indica la situación actual de la empresa que sirve de base para decidir las estrategias a implementar en la resolución de las áreas de oportunidad de la empresa y llevarla a un estado de mejoramiento tanto en la rentabilidad como en la



eficiencia del sistema productivo.

## 2.2 Descripción del método

La empresa motivo del estudio es una PyME ubicada en el sur del estado de Chihuahua dedicada al ramo forestal. Igual que para cualquier empresa del sector forestal, esta empresa fabrica una variedad de productos que posiciona en el mercado nacional, de manera que los precios de los artículos se establecen en función de la oferta y la demanda que existe para sus productos. Como resultado de este esquema, la contribución de cada producto a la ganancia total de la empresa cambia de acuerdo a las fluctuaciones del mercado que nunca son menores a 12 metros lineales por día, para cada uno de sus cuatro tipos de molduras (P1, P2, P3, P4). Los cuatro productos son fabricados en 5 centros de trabajo, al ser la mano de obra constante en cada uno de ellos, el costo de la misma se comporta como un costo fijo (5 trabajadores, 2 turnos, \$200/trabajador), además existen gastos generales (\$1,500). Debido al cambio de demandas que se presentan con demasiada frecuencia y un mercado insatisfecho de los productos, hay un efecto marcado en las utilidades de la empresa. El diagrama de proceso para los cuatro productos se presenta en la Figura 1.

Debido a que la empresa es incapaz de satisfacer todo el mercado, la mezcla de productos a fabricar y por consecuencia a vender debe ser elegida con demasiado cuidado. Los datos recolectados de la información contable se muestran en la Tabla 1.

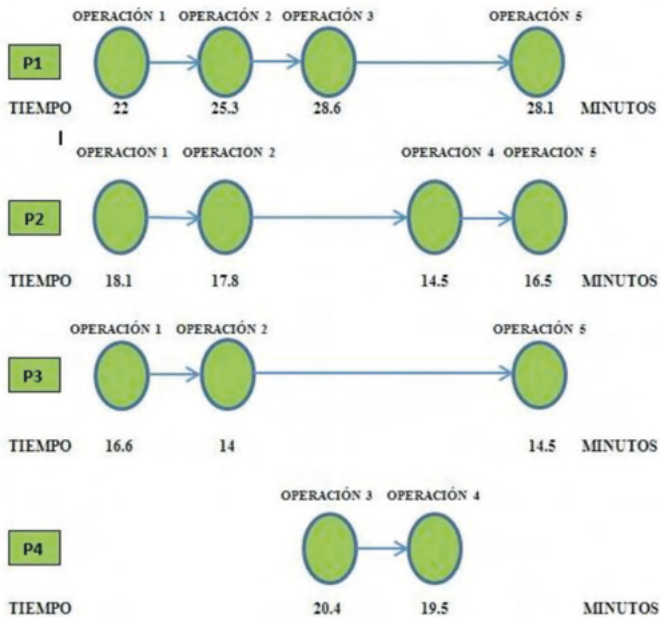


Figura 1. Diagrama de Proceso

Fuente: Elaboración propia

Producto	Precio de venta (\$/Metro lineal)	Costo de materia prima (\$/Metro lineal)	Margen de contribución ( <i>Throughput</i> )	Orden de mayor contribución
<b>P1</b>	750	550	200	1
<b>P2</b>	585	390	195	2
<b>P3</b>	540	370	170	4
<b>P4</b>	490	300	190	3

Tabla 1. Información contable.

Fuente: Elaboración propia

La administración fabrica los productos con un enfoque tradicional (los márgenes de utilidad más altos o las mejores ventas unitarias). La relación indica que el producto con mayor contribución P1 es el que debe ser producido en la mayor cantidad, luego el P2, el P4 y finalmente el P3, esto hasta donde la capacidad de las operaciones lo permitan. Umble (2006) sugiere que los sistemas tradicionales contables sean sustituidos por otros que sean capaces de evaluar adecuadamente las causas y efecto de las acciones de gestión en los sistemas productivos y las utilidades de la empresa (ver Tabla 2), se destaca el término *Throughput* como la diferencia entre el precio de venta y el costo de materia prima, representando la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas; el análisis de capacidades del sistema productivo realizado con el sistema tradicional con la mezcla seleccionada se muestra en la Tabla 3.

Producto	Throughput	Demanda	Utilidad por producto
<b>P1</b>	200	20.77	4,154.00
<b>P2</b>	195	12	2,340.00
<b>P3</b>	170	12	2,040.00
<b>P4</b>	190	17.93	3,406.70
<b>Costo de mano de obra</b>			2,000.00
<b>Gastos generales</b>			1,500.00
<b>Utilidad</b>			8,440.70

Tabla 2. Utilidades de la empresa con mezcla por costeo tradicional

Fuente: Elaboración propia

Producto	Demanda	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
P1	20.77	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	17.93	0	0	20.4	19.5	0
<b>Total carga de trabajo (minutos)</b>		873.34	907.081	959.794	523.635	955.637
<b>Tiempo ocioso</b>		86.66	52.919	0.206	436.365	4.363
<b>Eficiencia</b>	<b>Global 0.879</b>	0.910	0.945	1.000	0.545	0.995

Tabla 3. Análisis de Capacidades del sistema productivo con mezcla seleccionada

Fuente: Elaboración propia

Krajewski et al (2008) afirman que la mayoría de los métodos de contabilidad de costos se centran en maximizar la producción de los procesos individuales en el corto plazo, en vez de lograr que los materiales fluyan con rapidez a lo largo del sistema, sin embargo, este método no incrementa las utilidades en todo el sistema si se crean cuellos de botella. Teoría de restricciones propone una metodología que intenta mejorar el proceso hasta lograr la optimización del sistema. En general, los cuellos de botella o recursos con capacidad restringida de un sistema o proceso productivo son los que limitan las utilidades, por lo que es necesario identificarlos y resolverlos antes de lograr mejoras en otro punto del proceso o sistema. Si es posible determinar cuáles son las principales restricciones del sistema y cuáles son las relaciones causa-efecto entre estas restricciones y el resto del sistema, entonces se tiene la clave para mejorar el sistema. La existencia de limitaciones en el sistema son oportunidades de mejora.

Contrariamente al pensamiento convencional, teoría de restricciones ve las limitaciones como algo positivo en lugar de verlo de manera negativa ya que considera a las restricciones la base del desempeño de un sistema y por consecuencia el lugar donde deberá iniciar la mejora, una elevación gradual de las restricciones incrementará el desempeño de todo el sistema. La rentabilidad de una empresa puede alcanzar mejores niveles si se explotan las limitaciones para determinar la mezcla de productos. Si se quiere hacer más productivo el proceso, una manera es explotar la restricción del sistema una vez encontrada. Es necesario seleccionar la mezcla de productos de acuerdo con el margen de utilidad en el cuello de botella o recurso con capacidad restringida (R.C.R.) con respecto al tiempo de procesamiento, aprovechando los principios que se describen en teoría de restricciones, en la aplicación práctica (5 etapas de un proceso de enfoque). Para encontrar la restricción del sistema es necesario hacer un análisis de la capacidad individual del mismo (Tabla 4).

Producto	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Operación 4	Operación 5
P1	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	16.6	14	0	0	14.5
P4	0	0	20.4	19.5	0
<b>Total carga de trabajo (minutos)</b>	56.7	57.1	49	34	59.1

Tabla 4. Análisis de Capacidad

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificada la restricción del proceso (operación 5), que es la que tiene mayor tiempo de procesamiento (59.1 minutos), se procede a explotar la misma por medio de la selección de mezcla de productos más adecuada, para lograr esto se determina cuáles productos son los que aportan mayor contribución en función de la restricción del sistema (ver Tabla 5).

Producto	Precio de venta	Costo de M.P.	Throughput (T)	Tiempo en restricción (OP 5)	T/OP 5	Orden
P1	750	550	200	28.1	7.12	4
P2	585	390	195	16.5	11.82	2
P3	540	370	170	14.5	11.72	3
P4	490	300	190	0	∞	1

Tabla 5. Determinación mayor contribución con respecto al tiempo en la restricción.

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso en el proceso de mejora es subordinar todo el sistema a la decisión anterior, esto consiste en fabricar la mayor cantidad de productos 4, posteriormente de productos 2, Productos 3 y finalmente si es necesario llenar la capacidad del sistema con Productos 1. Los cálculos para determinar la cantidad de unidades de P4 se muestra en la Tabla 6.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	12	0	0	20.4	19.5	0
<b>Tiempo de carga de trabajo (minutos)</b>		680.4	685.2	588	408	709.2
<b>Tiempo ocioso (minutos)</b>		279.6	274.8	372	552	250.8
<b>Producción adicional</b>		∞	∞	18.23	28.30	∞

Tabla 6. Determinación de Producto 4 a fabricar (enfoque TOC).

Fuente: Elaboración propia

El valor menor es 18.23 metros lineales que aunado a la producción inicial de 12, indica que es necesario fabricar 30.23 metros lineales del producto 4. Para lograr los mejores resultados se continúa incrementando el volumen de unidades del P2, según lo indicado en el orden de contribución de los productos, los cálculos se muestran en la Tabla 7.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	12	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	12	16.6	14	0	0	14.5
P4	30.23	0	0	20.4	19.5	0
<b>Tiempo de carga de trabajo (minutos)</b>		680.4	685.2	959.89	763.48	709.2
<b>Tiempo ocioso (minutos)</b>		279.6	274.8	0.11	196.52	250.8
<b>Producción adicional</b>		15.44	15.43	∞	13.55	15.2

Tabla 7. Determinación de Producto 2 a fabricar (enfoque TOC).

Fuente: Elaboración propia

El valor menor corresponde a 13.55 metros lineales que sumado a la producción inicial del P2, indica que se fabricaran 25.55 metros lineales. La asignación de productos P3 y P1 corresponde a 13.87 y 12 unidades respectivamente para cada producto dada la capacidad de las máquinas. El análisis de carga con las asignaciones de productos adicionales a la demanda inicial de 12, se muestra en la tabla 8.

Producto	Demanda	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5
P1	12	22	25.3	28.6	0	28.1
P2	25.55	18.1	17.8	0	14.5	16.5
P3	13.87	16.6	14	0	0	14.5
P4	30.23	0	0	20.4	19.5	0
<b>Tiempo de carga de trabajo (minutos)</b>		956.69	952.57	959.89	959.96	959.89
<b>Eficiencia</b>	<b>Global .998</b>	<b>0.997</b>	<b>0.992</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>

Tabla 8. Análisis de cargas con asignaciones, enfoque TOC

Fuente: Elaboración propia

## 3 | COMENTARIOS FINALES

### 3.1 Resultados y conclusiones

La mezcla de productos obtenido bajo un enfoque TOC, garantiza la mayor cantidad de utilidades en la organización, ya que se logra la máxima capacidad o el nivel más alto de producción, una vez que fue programada la limitación. Las utilidades con la mezcla encontrada con el enfoque de TOC se muestran en la Tabla 9.

Producto	Throughput	Demanda	Utilidad por producto
P1	200	12	2,400.00
P2	195	25.55	4,982.25
P3	170	13.87	2,357.90
P4	190	30.23	5,743.70
Costo de mano de obra			2,000.00
Gastos generales			1,500.00
Utilidad			11,983.85

Tabla 9. Utilidades con enfoque TOC

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar claramente que hay mejoras evidentes en las operaciones y ganancias (ver Figura 2). Por un lado las operaciones en los procesos están en los límites incrementando la eficiencia 13.50%, por otro lado las utilidades aumentaron en un 41.98% al pasar de \$8,440.7 a \$11,983.85 por día, esto se logró implementando acciones que permitieron explotar los recursos con capacidad restringida y con ello todo el ritmo del sistema. La ganancia es grande comparada con lo muy poco que cuesta implementarla sin la necesidad de aumentar la capacidad del R.C.R.

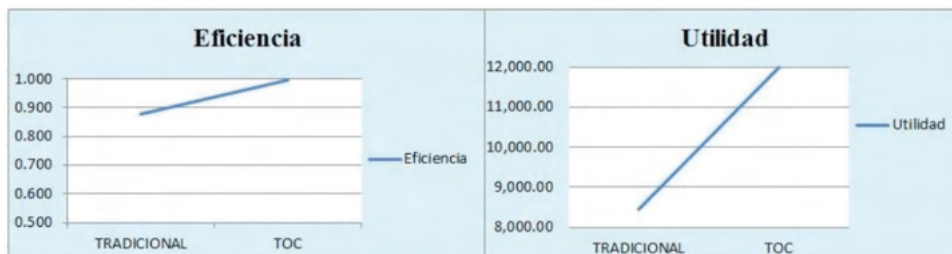


Figura 2. Comportamiento de eficiencia y utilidades

Fuente: Elaboración propia

TOC assume que la meta de toda organización es ganar dinero hoy y en el futuro. Así pues, la administración de las limitaciones del sistema aporta mejoras sustanciales en la productividad y eficiencia de los procesos. Cuando se pretende mejorar la productividad de los procesos, se hace con los recursos existentes focalizando los esfuerzos en la restricción del sistema, ya que si se mejoran estos se alcanza una mayor eficiencia y competitividad. TOC se puede considerar una metodología que busca mejoras realizadas en base a su aplicación y que proporcionen un impacto en las utilidades de la empresa.

## REFERENCIAS

APICS, *Strategic management of resources reference sourcebook*, Custom Pearson, 2009.

Cuatrecasas Arbos Lluís, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, Primera Edición, Profit editorial, Barcelona, 2009.

Davis, M Mark. Aquilano, J. Nicholas. Chase, Richard B, *Fundamentos de dirección de operaciones*, Primera edición, Mc Graw Hill interamericana de España, Madrid, 2001.

Goldratt, Eliyahu M., *Goldratt's Theory of Constraints*, IBM Press, USA, 2007

Goldratt, Eliyahu M y Jeff Cox, *La meta, un proceso de mejora continua*, Ediciones Castillo, Primera edición, México, 1992.

Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P., Malhotra, Manoj, *Administración de Operaciones Estrategia y Análisis*, Octava edición, Editorial PersonEducation, México, 2008.

Umble, M., Umble, E. and Murakami S., *Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: The case of Hitachi Tool Engineering*, International Journal of Production Research, 44: 10, 1863 — 1880, 2006.

## METODOLOGÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA MATRIZ DE INSUMO-PRODUCTO DE MÉXICO 2014. (MIPM\_2014)

*Data de aceite: 01/10/2021*

### **Santiago Marquina Benítez**

Profesor-Investigador de la Escuela Superior de Sociología-UAGro, Acapulco, Gro., México.  
ORCID ID 0000-0002-4358-8823

### **Octaviano Juárez Romero**

Profesor-Investigador de la Facultad de Matemáticas-UAGro, Acapulco, Gro., México.  
ORCID ID 0000-0002-2890-2896

**RESUMEN:** Una matriz de insumo-producto (MIP) es un esquema contable en el cual se representa el flujo de los bienes y servicios entre los distintos agentes que participan en la actividad económica, ya sea como productores de bienes y servicios o como consumidores. La MIP de un país, estado, municipio o región determinada es uno de los instrumentos más útiles para el análisis global y, a su vez, pormenorizado por rama productiva del contexto económico. Una limitante muy significativa de esta herramienta estadística corresponde a su disponibilidad en el espacio y tiempo. La MIP es posible actualizarla a un año de referencia mediante la producción obtenida, la información específica de demanda y consumos intermedios y con el empleo de los coeficientes y multiplicadores de un año base. Para la actualización de la MIP existe el método directo y los métodos indirectos. Los métodos indirectos son los menos costosos en términos económicos, uno de estos es el método RAS. En el presente trabajo se hace una revisión de

los fundamentos y supuestos del método **RAS** en su versión básica, el cual es utilizado para la actualización de la Matriz de Insumo-producto de México para el año de 2014, tomando como punto de partida la MIP de México de 2008. Para realizar la actualización de la MIPM-2014 se programa el método RAS en el paquete estadístico R.

**PALABRAS CLAVES:** Actualización de matriz de insumo-producto, modelo de insumo-producto, método RAS básico.

### METHODOLOGY OF UPDATES FOR THE INPUT-OUTPUT MATRIX IN MEXICO 2014

**ABSTRACT:** A matrix of input-output (MIO) is an accounting scheme in which the flow of goods and services between the various actors involved in economic activity, whether as producers of goods and services or as consumers represented. The MIO of a country, state, city or region is one of the most useful tools for global analysis and, in turn, detailed by productive branch of the economic environment. A more significant limitation of this statistical tool corresponds to their availability in space and time. The MIO is possible to upgrade to a reference year by the production obtained, specific information demand and intermediate consumption and the use of the coefficients and multipliers of a base year. To update the MIO exist the direct method and indirect methods. The indirect methods are less expensive in economic terms, one of these is the RAS method. In this paper a review of the fundamentals and assumptions of the RAS method in its basic version, which is used for updating the input-product of Mexico for the year 2014, taking as a



starting point is the MIO of Mexico 2008. To update the MIO of Mexico 2014, the RAS method is programmed in the statistical package R.

**KEYWORDS:** Update input-output matrix, input-output model, basic RAS method.

## 1 | ANTECEDENTES

La **matriz de insumo-producto (MIP)** es un esquema contable donde se representa el flujo de los bienes y servicios entre los distintos agentes que participan en la actividad económica, como productores de bienes y servicios o como consumidores. La MIP concentra los agregados que caracterizan una economía, así como su composición sectorial. La base estadística del análisis de insumo-producto radica en la denominada matriz de transacciones intersectoriales para México, agregada a 19 sectores para el año 2008.

En México, la primera MIP es de los años 50 y se han elaborado para los años: 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 2003, 2008 y 2012. La de 1950 fue elaborada mediante el método directo (*full-survey method*) por el Banco de México, Nacional Financiera y la Secretaría de Hacienda y Economía, y publicada en 1958. La de 1960, realizada por el Banco de México, fue publicada en 1966. La de 1970 fue construida usando información censal. Las de 1975, 1978 y 1980 mediante un procedimiento indirecto (*partial-survey method*); es decir, no se hizo en su totalidad a partir de la información estadística directa censal, sino que se apoyó parcialmente en la aplicación del método **RAS**.

La elaboración de la tabla de 1978 se basó, por un lado, en las de 1970 y 1975 y en la información de valor agregado (VAB), valor bruto de producción (VBP), consumo intermedio (CI) y demanda final (DF) del Sistema de Cuentas Nacionales correspondiente a 1978; por otro lado, en la información exógena para las ramas con especial trascendencia, ya sea por su comportamiento tradicional o por el alto dinamismo experimentado en el periodo.<sup>1</sup>

La MIP de 1980 es una actualización de la MIP-1975. Aunque, a diferencia de la actualización efectuada para la MIP-1978, para el caso de la MIP-1980 se contó con información directa más abundante, proveniente del Censo de Población y Vivienda y de los censos económicos de 1980. Por lo que, las estimaciones directas cubren alrededor de 80% de las celdas del cuadrante de demanda intermedia de la matriz de transacciones, habiéndose utilizado el método **RAS** de actualización para estimar las celdas restantes.<sup>2</sup>

La MIP-1980, además de constituir la base para la estimación de la serie de cuentas nacionales de dicho año en adelante, sirvió de base al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para la actualización de la MIP-1985.<sup>3</sup> Con la preparación de la MIP-1985 por el INEGI, una empresa privada (CIESA: STAT MATRIX) ha llevado a cabo

<sup>1</sup> Véase SPP/ PNUD (1983).

<sup>2</sup> Véase SPP/ PNUD (1986), Presentación, S.P.

<sup>3</sup> Véase INEGI, 1992.

estimaciones por medio de métodos indirectos (matemáticos y por el **RAS**) una serie de matrices de insumo-producto de carácter nacional para los años de 1990, 1993, 1996 y más recientemente, para el año 2000. En lo concerniente a las matrices simétricas del 2003 y 2008 fueron elaboradas por INEGI utilizando información directa emanada de los SCNM-2003 y SCNM-2008 respectivamente. Por último, la MIP-2012 es una actualización desarrollada con el método RAS e información correspondiente al año 2012 elaborada por INEGI tomando como base la MIP-2008. En el presente trabajo, se toma esta última para actualizar MIPM-2014.

## 2 | MARCO CONCEPTUAL

La matriz de coeficientes técnicos es la base de partida para realizar el análisis de insumo-producto en un espacio-tiempo determinado. Esto es, debido a que la MIP refleja un cumulo de relaciones intersectoriales de una economía de un determinado espacio geográfico y es posible actualizarla mediante la producción obtenida al año de referencia, en este caso 2014, asociadas a información específica de demanda y consumos intermedios, con el empleo de los coeficientes y multiplicadores de la base 2008. En las siguientes secciones se presenta la parte teórica de la MIP y el procedimiento para su actualización.

### 2.1 Definición formal: el modelo input-output

La historia del análisis Insumo-Producto se remonta al año de 1936, cuando W. Leontief publica sus primeros trabajos sobre las relaciones productivas intersectoriales en Estados Unidos en “The Review of Economic and Statistics”. En forma paralela entre los años de 1935 y 1937, siguiendo una metodología “input-output”, Jan Tinbergen publicaba sus primeros resultados sobre la modelización econométrica aplicada a una economía nacional (Países Bajos), con el apoyo de Lawrence R. Klein y la Wharton School.

En la década de 1940-1950, cuando Leontief, con el apoyo indiscutible de Richard Stone y del Cambridge Growth Project definen el funcionamiento de “los modelos de equilibrio general calculable” (Pulido y Fontela, 1993). Diseñan y perfeccionan un sistema de cuentas globales para medir la actividad económica de una nación o país, estos modelos fueron aceptados y adoptados por la Organización de las Naciones Unidas.

La definición del modelo de acuerdo a Leontief (1973) se establece como: “El método input-output constituye una adaptación de la teoría neoclásica del equilibrio general al estudio de la interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que guardan entre sí una relación recíproca”.

A continuación veremos la dimensión contable del método input-output.

### 2.2 Concepto de Tabla Input-Output

El punto de arranque para una mejor comprensión de la tabla input-output consiste en considerar que la economía de un determinado espacio territorial puede describirse

como el resultado del funcionamiento de  $n$  sectores económicos interrelacionados entre sí.

El funcionamiento queda reflejado en una serie de identidades contables en las cuales se indica, por una parte, el destino de la producción de cada sector y, por otra parte, la aplicación (empleo) que se hace del valor de dicha producción. En cuanto al destino de la producción de cada sector, dicha producción puede venderse en el mercado como producto intermedio o como producto final. Como producto intermedio se vende a otros sectores para que éstos lo utilicen en su proceso productivo. Como producto final puede venderse a los residentes como bienes de consumo, como bienes de inversión a los empresarios residentes o como bienes de consumo (o inversión) al sector público. También puede venderse a los no residentes (exportaciones fuera del espacio territorial bajo consideración).

Por lo que, el destino de la producción del sector  $i$ -ésimo puede denotarse en forma de la siguiente expresión matemática:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i \quad (1)$$

$X_i$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo,

$X_{ij}$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo vende al sector  $j$ -ésimo,

$C_i$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo vendida como bien de consumo a los residentes,

$I_i$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo vendida como bien de inversión a los empresarios residentes,

$G_i$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo vendida al sector público,

$E_i$ : valor de la producción del sector  $i$ -ésimo exportada fuera del espacio territorial bajo consideración.

Como se aprecia en (1), se distinguen dos tipos de ventas de la producción de cada sector, una como producto intermedio a otros sectores productivos y otra como producto final a los sectores de demanda final. Esto es:

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + DF_i \quad \text{con} \quad DF_i = C_i + I_i + G_i + E_i \quad (2)$$

En lo que respecta a la aplicación (empleo) del valor de la producción, cada sector empleará el mismo para comprar productos intermedios a otros sectores, con el fin de utilizarlos como inputs en su proceso productivo, y para pagar los otros gastos originados en su proceso de producción: sueldos y seguridad social, amortizaciones, impuestos menos subvenciones y beneficios, así como para importar productos del exterior. Por lo que el empleo que el sector  $j$ -ésimo hace de su valor de producción puede representarse como:

$$X_j = X_{1j} + X_{2j} + \dots + X_{nj} + S_j + B_j + A_j + (T_j - Sb_j) + M_j \quad (3)$$

Siendo:

$X_j$ : valor de la producción del sector  $j$ -ésimo,

$X_{ij}$ : valor de la producción que el sector  $j$ -ésimo compra al sector  $i$ -ésimo (o lo que es

igual, valor de la producción que el sector i-ésimo vende al sector j-ésimo).

$S_j$  : costos en salarios y seguridad social del sector j-ésimo.

$B_j$  : beneficios del sector j-ésimo.

$A_j$  : amortizaciones del sector j-ésimo.

$T_j$  : impuestos del sector j-ésimo.

$Sb_j$  : subvenciones del sector j-ésimo.

$M_j$  : valor de la producción que el sector j-ésimo compra fuera de la región.

O bien:

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} + IP_j \quad \text{con} \quad IP_j = S_j + B_j + A_j + T_j - Sb_j + M_j \quad (4)$$

Podemos ver, que el valor añadido bruto (VAB) del sector j-ésimo es igual a:

$$VAB_j = S_j + B_j + A_j + (T_j - Sb_j) \quad (5)$$

Y, por lo tanto, desde (4) y (5):

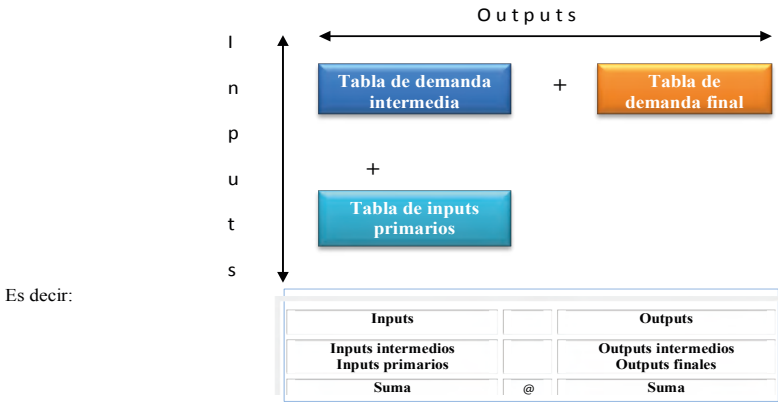
$$VAB_j = X_j - \sum_{i=1}^n X_{ij} - M_j \quad (6)$$

Esto es, el VAB de un sector es igual al valor de la producción de dicho sector menos las compras que realiza a los otros sectores productivos residentes y las compras que efectúa del exterior (importaciones). La representación gráfica de la tabla input-output se presenta en el Cuadro No.1. Dicha tabla puede ser dividida en tres tablas parciales que, esquemáticamente, responden a la estructura gráfica que se presenta en el Cuadro No.2.

Cuadro No.1. Representación gráfica de la tabla input-ouput.

Recursos	Empleos								
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	...	Sector n	Consumo	Inversión	Gasto público	Exportaciones
Sector 1	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	...	$X_{1n}$	$C_1$	$I_1$	$G_1$	$E_1$
Sector 2	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	...	$X_{2n}$	$C_2$	$I_2$	$G_2$	$E_2$
Sector 3	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	...	$X_{3n}$	$C_3$	$I_3$	$G_3$	$E_3$
:	:	:	:	...	:	:	:	:	:
Sector n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	$X_{n3}$	...	$X_{nn}$	$C_n$	$I_n$	$G_n$	$E_n$
Sueldos y salarios	$S_1$	$S_2$	$S_3$	...	$S_n$				
Beneficios	$B_1$	$B_2$	$B_3$	...	$B_n$				
Amortizaciones	$A_1$	$A_2$	$A_3$	...	$A_n$				
Impuestos-Subvenciones	$T_1 - Sb_1$	$T_2 - Sb_2$	$T_3 - Sb_3$	...	$T_n - Sb_n$				
Importaciones	$M_1$	$M_2$	$M_3$	...	$M_n$				

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Las expresiones (1) y (3) son identidades contables que cumplirán necesariamente que toda la producción llevada a cabo por un sector es destinada a cualquiera de los empleos descritos en líneas anteriores. Por lo que: Total del valor de inputs empleados por un sector @ total del valor de outputs del mismo sector. Si se compara (2) y (3), se define para cada sector:

$$\begin{aligned}
 X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + DF_1 &= X_{11} + X_{21} + \dots + X_{n1} + IP_1 \\
 X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + DF_2 &= X_{11} + X_{22} + \dots + X_{n2} + IP_2 \\
 X_{31} + X_{32} + \dots + X_{3n} + DF_3 &= X_{11} + X_{23} + \dots + X_{n3} + IP_3 \\
 \vdots & \quad \quad \quad \vdots & \quad \quad \quad \vdots & \quad \quad \quad \vdots & \quad \quad \quad \vdots \\
 X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + DF_n &= X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{nn} + IP_n
 \end{aligned} \tag{7}$$

Puesto que los productos intermedios que fabrica un sector determinado en un periodo dado no tienen por qué ser iguales en cuanto a cuantía (valor) con los que adquiere, esto es,  $X_{ij} \neq X_{ji}$ , con  $i \neq j$ , el sistema (7) no podría simplificarse. Sin embargo, los inputs intermedios se compensan exactamente con los outputs intermedios, puesto que a nivel agregado es incuestionable que la suma de ventas de todos los sectores será equivalente a la suma de compras de todos los sectores, pudiéndose denotar de la manera siguiente:

$$\sum_{i=1}^n DF_i = \sum_{i=1}^n IP_i \tag{8}$$

o en su defecto:

$$PIB = \sum C_i + \sum I_i + \sum G_i + \sum (E_i - M_i) \cong \sum S_i + \sum B_i + \sum A_i + \sum (T_i - S_{b_i}) = \sum VAB_i \tag{9}$$

La ecuación (9) describe que, en una economía espacialmente localizada, y para un periodo de tiempo determinado, el conjunto de bienes finales producidos es absorbido exactamente por el valor añadido bruto de la misma en el proceso de producción.

### 2.3 El Modelo Insumo-Producto (INPUT-OUTPUT) Teórico

La ecuación (1), resume el funcionamiento de la economía de un espacio territorial determinado. Una identidad contable no es un modelo explicativo, sino una descripción ex post del funcionamiento de una economía. Para poder convertir una identidad contable en un modelo explicativo es preciso considerar ciertos supuestos o hipótesis que nos indican cual es el comportamiento de los agentes que interactúan en la economía que se pretende analizar. Así, los supuestos que permitirán pasar del modelo input-output contable al modelo input-output explicativo (modelo input-output teórico) se refieren a: uno el tipo de función de producción y dos a la determinación de las variables endógenas y exógenas.

En el primer supuesto, la función corresponde a coeficientes constantes, puesto que el nivel de producción que el sector  $i$ -ésimo vende al  $j$ -ésimo es una proporción constante del nivel de producción del sector  $j$ , es decir:

$$X_{ij} = a_{ij} \cdot X_j \quad \text{con } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

o lo que es lo mismo:

$$X_j = \frac{X_{ij}}{a_{ij}} \quad \text{con } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Donde  $a_{ij}$ , el llamado coeficiente técnico, es una constante que no se ve afectada por el nivel de producción. Como derivación inmediata en la función de producción considerada se cumple que la productividad marginal de cada factor es constante e igual a su productividad media, con rendimientos constantes. En el segundo supuesto, es primordial determinar las variables endógenas y exógenas presentes en el modelo (1), esto es:

- $n$  variables que se refieren a las producciones de los sectores  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ;
- $n^2$  variables que se refieren a los inputs (outputs) intermedios  $X_{11}, \dots, X_{1n}, \dots, X_{21}, \dots, X_{2n}, \dots, X_{n1}, \dots, X_{nn}$ ;
- $4n$  variables de demanda final  $C_1, \dots, C_n, I_1, \dots, I_n, G_1, \dots, G_n, E_1, \dots, E_n$ .

El total de variables es  $5n + n^2$ . Y, el número de relaciones es  $n$ , solamente podrán establecerse, dentro del modelo,  $n$  variables endógenas, debiendo estar el resto establecidas fuera del modelo (variables exógenas). Sin embargo, por la función de producción en (11), se dispone de  $n \cdot n$  nuevas relaciones. Así pues, tendríamos  $n^2 + n$  relaciones y  $n^2 + 5n$  variables, por lo que el número de variables exógenas es  $4n$ , que es precisamente el número de variables de la demanda final, tomando como endógenas el resto. Cabe señalar que frente a este criterio de endogenización existen otras alternativas (Menshikov, 1975).

Con estas consideraciones se concretan los supuestos del modelo input-output:

- *Supuesto 1:* El funcionamiento de una economía se traduce en el valor de la producción de  $n$  sectores.

- *Supuesto 2:* La producción del sector  $i$ -ésimo se descompone en conformidad con la expresión (1), esto es:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i$$

- *Supuesto 3:* El tipo de función de producción considerada será la que cumpla la expresión (11).
- *Supuesto 4:* Las variables endógenas serán las  $n + n^2$  siguientes:  $X_i$  con  $i = 1, 2, \dots, n$  y  $X_{ij}$  con  $i, j = 1, 2, \dots, n$ .
- *Supuesto 5:* Las variables exógenas serán las  $4n$  siguientes:  $C_i, I_i, G_i, E_i$ , con  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Con estos supuestos, podemos escribir las  $n$  ecuaciones:

$$\begin{aligned} X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + C_1 + I_1 + G_1 + E_1 \\ X_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n + C_2 + I_2 + G_2 + E_2 \\ X_3 &= a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n + C_3 + I_3 + G_3 + E_3 \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ X_n &= a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n + C_n + I_n + G_n + E_n \end{aligned} \quad (12)$$

Ennotación matricial el sistema (12) se puede escribir de la siguiente forma:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{d} \quad (13)$$

donde  $\mathbf{x}$  es el vector de  $n$  elementos representativos de las producciones sectoriales,  $\mathbf{A}$  la matriz  $n \times n$  de coeficientes técnicos y  $\mathbf{d}$  el vector de demandas finales, que se puede denotar de manera matricial de la forma siguiente:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}; \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{d} = \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 + I_1 + G_1 + E_1 \\ C_2 + I_2 + G_2 + E_2 \\ \vdots \\ C_n + I_n + G_n + E_n \end{pmatrix}$$

De la expresión (13) se obtiene:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} * \mathbf{d} = \mathbf{B} * \mathbf{d} \quad (14)$$

La ecuación (14) expresa las variables endógenas, en función de los componentes de demanda final que son las variables exógenas. En esta ecuación se aprecia claramente cómo la producción de cada sector se ve afectada por las demandas finales ejercidas sobre los  $n$  sectores considerados.

## 2.4 Aspectos Funcionales de Los Modelos INPUT-OUTPUT

Los modelos input-output proporcionan una estructura consistente para describir y

analizar no solamente las ventas y compras de todos los sectores de un país, sino también la magnitud de las fuerzas de interdependencia sectorial. La teoría económica básica, acentuada por los modelos input-output, se refiere a la estructura tecnológica de los sectores de producción, y reconoce ciertas ventajas y limitaciones de su aplicación. Ver figuras 1 y 2.

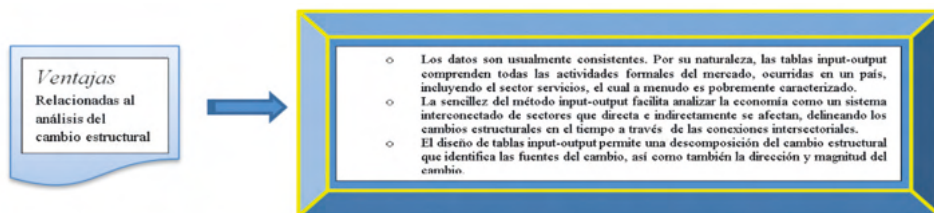


Figura No.1. Ventajas fundamentales del uso del MIP, especialmente relacionadas al análisis del cambio estructural

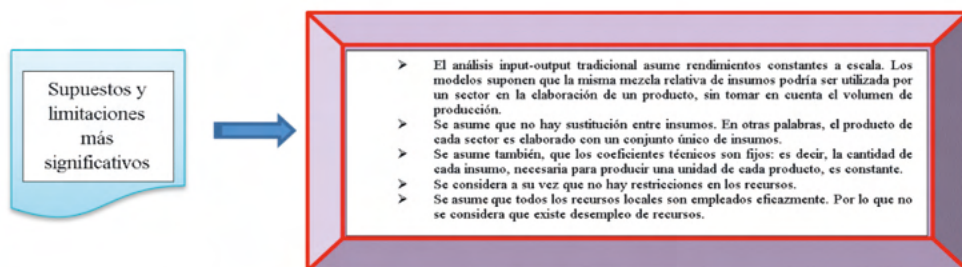


Figura No.2. Supuestos y limitaciones más significativos del MIP

## 2.5 Metodología de Estimación de La MIPM-2014

En esta sección se estima la MIP de México para el año 2014 a partir de la MIPM-2008 y desde el enfoque indirecto conocido como *partial survey method*, en base al método **RAS**, pero ajustado al tiempo y a la información exógena disponible de las transacciones intersectoriales.

La MIP de un país, estado o municipio es uno de los instrumentos más útiles para el análisis global y, a su vez, pormenorizado (sectorial o por rama productiva) del contexto económico. Además, esta técnica es útil para realizar análisis del crecimiento de una economía.

La elaboración de una MIP no es un trabajo exento de complejidad, requiere disponer tanto de una amplia información estadística como de un método que permita relacionar dicha información. A este proceso se le llama método directo y conlleva al manejo de una gran cantidad de recursos económicos y tiempo. Por lo que, habitualmente podemos encontrar un desfase entre la fecha de publicación y el año de referencia de las matrices. Un aspecto fundamental para evitar dichos desfases, consiste en la actualización de las



tablas existentes, esgrimiendo algún método de aproximación que nos aporte estimaciones adecuadas.

Se trata de usar un método indirecto para actualizar una MIP existente. Puesto que las MIP son fundamentales por su potencial como herramienta para el estudio de una economía, los institutos de estadísticas en distintos países enfatizan su preocupación por elaborar MIP no solo a nivel nacional, sino también a nivel regional. La aproximación de una MIP por métodos indirectos puede ser emprendida desde un doble enfoque, por un lado, como un problema de actualización de una matriz ya existente, y por otro, como un problema de regionalización, estimando una tabla regional a partir de una matriz de otra economía, con ciertas similitudes. Se pueden señalar dos grandes tendencias<sup>4</sup> en el ajuste de los coeficientes de una matriz: El enfoque de programación matemática<sup>5</sup> y el enfoque de los métodos iterativos.<sup>6</sup>

En este trabajo nos ocuparemos de esta última, estimando los coeficientes input-output correspondientes a la MIPM de 2014, a partir de la MIPM de 2008.

### *2.5.1 Métodos Iterativos de Ajuste de Coeficientes.*

Existe una variedad de técnicas no directas que permiten afrontar este problema, por lo que la primera decisión que se debe tomar es la de seleccionar el método que mejor se ajuste al objetivo en cuestión.

Las variantes más conocidas según el tipo de restricciones se encuentran: **RAS** Básico ò Estándar (Stone, 1963), Ras Ampliado de Allen y Lecomber (1975); Ras Ampliado de Hitz y Schmid (1978); Ras con funciones cuadráticas de Bachem y Korte (1979), **RAS** con funciones cuadráticas de Morrison y Thumann (1980). En nuestro caso, aplicamos el método **RAS** Básico<sup>7</sup> debido a las siguientes consideraciones: El método fue desarrollado en el departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Cambridge (Inglaterra), por Richard Stone en la década de los sesenta. Se trata de la aproximación más robusta desde un enfoque teórico (Bacharach, 1970), con algunas limitaciones.

Los resultados alcanzados en numerosos estudios empíricos reafirman a la técnica **RAS**, como la que proporciona resultados más cercanos a los métodos directos. Para profundizar en esta aseveración se remite, entre otros, a Malizia y Bond (1974), Round (1978), Pedreño (1986), y Alvarez (2001).

4 Se hace mención únicamente a los métodos de ajuste clásicos dejando de lado la aportación de J. Pérez García (1997), el cual propone como técnica de ajuste alternativa el empleo de un sistema de ecuaciones simultáneas.

5 Estas técnicas pretenden minimizar las diferencias existentes entre una matriz conocida y la que se quiere obtener. Estas diferencias formarán la función objetivo que estará sometida a un conjunto de condiciones que debe verificar la nueva TIO estimada. Dentro las funciones objetivo que habitualmente son utilizadas se consideran las siguientes: la distancia euclídea, la distancia euclídea ponderada y la función objetivo que se deriva del test ji-cuadrada. (Un desarrollo más profundo del método se puede ver en M. Bacharach (1970) y en L. Barriga Rincón (1992).

6 Véase Marquina, S. (2014).

7 El método que fue creado en las ciencias experimentales, es una traslación de la teoría de ajuste de matrices con restricciones hacia la estimación de matrices de insumo-producto. Esta adaptación fue utilizada primeramente como técnica de actualización de la matriz de transacciones intermedias. Posteriormente, fue reorientada hacia la proyección espacial para así estimar tablas de insumo-producto regionales a partir de una TIO nacional determinada.

En el presente trabajo el método **RAS** en su versión estándar será utilizado como un instrumento de estimación, para la actualización de la MIP de México para el año de 2014, tomando como punto de partida la MIP de 2008.

## 2.6 El método ras básico como instrumento de ajuste para la actualización de la mip (INPUT-OUTPUT) en México.

En economía, la información estadística directa e indirecta que se genere y se apegue más a la realidad tenderá a producir resultados más reales y precisos, lo que coadyuvará a facilitar al analista y al tomador de decisiones la elección que crea más factible acorde al fenómeno en estudio. Es así, como la captura, y actualización de las bases de datos y fuentes informativas se convierten en elementos fundamentales. Un inconveniente es el alto costo, tanto monetario como tecnológico. Para dar solución a estos problemas, se han desarrollado modelos matemáticos y estadísticos que nos permiten obtener resultados más confiables y, una representación de la realidad más clara y concisa. La MIP es una representación de las relaciones formales entre sectores, que proporciona información sobre los resultados de política económica y en general cualquier tipo de evento significativo que impacte en oferta y demanda de una economía.

Algunas de las ventajas que la MIP nos proporciona son:

- Brinda una descripción pormenorizada del trayecto que siguen los bienes y servicios hasta llegar a la demanda final.
- Permite evaluar impactos directos e indirectos en la producción como resultado de cambios en la demanda final.
- También nos auxilia en la proyección del comercio exterior, análisis de precios y costos, energía y medio ambiente, así como fines necesariamente estadísticos de contabilidad nacional.

Además, la MIP proporciona información relevante para la toma de decisiones en el ámbito nacional y de política económica, en este sentido y como cabe suponer, la actualización o generación de MIP es una ardua tarea que tiene INEGI como organismo responsable de las estadísticas en el país. La última matriz que se generó fue en el año de 2008 por el INEGI la cual posteriormente actualizo al año 2012. Con el método **RAS**, se actualiza la MIP para cierto periodo de tiempo.

Desde la década de los sesenta, el método **RAS**, propuesto por Leontief y desarrollado por R. Stone (1963) viene utilizándose para la actualización de la matriz intersectorial, varios años después, desde 1969, ampliaría su función como herramienta de regionalización, con el fin de alcanzar una mayor aproximación a la estructura ínterindustrial de un subespacio nacional.

Si bien este método cuenta con claras restricciones, las cuales ya han sido señaladas por Pedreño, A. (1984), su aceptación y recomendación queda argumentada por los avances procedentes de las numerosas revisiones empíricas de esta técnica. De esta

manera, las investigaciones pioneras de Paelinck, J. y Waelbrook, J. (1963), Schneider, H. (1965), Michelini, C. y Robinson, J. (1971), Allen, R. (1974), imputan a la actualización de los coeficientes y para las predicciones del output efectuadas considerable ventaja en términos comparativos. Como señala Allen y Lecomber (1975), el método **RAS** es el “más practicable y el que más ampliamente ha sido adoptado”.

La comprobada popularidad del método **RAS** contrasta con la poca literatura en torno al tema existente en nuestro país en relación a métodos de ajuste o proyección de coeficientes insumo-producto en general. Sin embargo, la necesidad de disponer de MIP actualizadas ha tenido su reflejo inevitable en nuestro país con la aparición de algunos intentos de deducción indirecta de las tablas o matrices a partir de otras previamente existentes elaboradas por métodos <<survey>> (se pueden citar las TIO-1990, TIO-1995, TIO-2003 y la TIO-2012, así como las tablas estatales de Jalisco 1990, 1993 y 1997, Baja California Sur, Nuevo León y Tabasco, así como la MIP Regional de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit, etc.). (Ver Marquina, 2014).

### 2.6.1 El Ajuste Temporal RAS

El ajuste **RAS** para las matrices interindustriales ha sido empleado pródigamente desde un doble enfoque:

- Originariamente establecida como técnica de actualización temporal por Stone, su consideración aquí nos reporta una alternativa perfectamente aplicable al problema planteado: la deducción de la matriz intersectorial de la TIO de México de 2014 a partir de la MIP de México de 2008 y el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) de 2014<sup>8</sup>.
- Ulteriormente (Czamanski y Malizia, 1969) esta técnica ha venido siendo usada persistentemente para la estimación nombrada “semi-survey” de tablas insumo-producto regionales a partir de una tabla nacional y mediante disponibilidad de la Contabilidad Regional sectorizada.

En la presente sección nos ocuparemos de la actualización de la MIP o TIO de México (2014) a través del SCNM-2014. Anticipadamente a ello es necesario formalizar algunas consideraciones.

Los métodos biproporcionales plantean el problema de ajuste de la MIP, en los siguientes términos: ajustar una matriz  $S=[s_{ij}]$  a los márgenes de una matriz  $M$  (sus márgenes son  $m_i$  y  $m_j$ ) para obtener una matriz  $X=[X_{ij}]$  (Mesnard, 1989). Uno de estos métodos de ajuste es el llamado método **RAS**.

El método **RAS**, parte de una matriz de transacciones intersectoriales  $Z^0$  y de un vector de producción efectiva  $w^0$  que conjuntamente permiten definir la matriz  $A^0$  de coeficientes técnicos. El ajuste residirá en calcular una nueva matriz  $A^{0*}$  que será la más parecida posible a la matriz original de coeficientes técnicos  $A^0$  que satisface la nueva información

<sup>8</sup> Se consideran cifras preliminares aportadas por INEGI

disponible; usualmente vislumbrará un nuevo vector de producción  $w^1$ , así como los nuevos márgenes de la matriz  $Z$ , (de transacciones interindustriales inicial) y de  $z_i, z_j$ , que habitualmente se denotan como vectores  $u$  y  $v$  (columna – renglón, respectivamente). Para ilustrar la aplicación del método **RAS**, y siguiendo en gran medida la metodología propuesta por Pulido, A. y Fontela, E. (1993), se hace imprescindible la siguiente información para el periodo  $t_{final}$ :

$$u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \quad \text{con} \quad u_i = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n X_{1j} \\ \sum_{j=1}^n X_{2j} \\ \vdots \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^n X_{nj} \end{pmatrix} = \sum_{j=1}^n z_{ij}$$

$$v = \left( \sum_{i=1}^n X_{i1}, \sum_{i=1}^n X_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^n X_{in} \right) = (v_1, v_2, \dots, v_n) = \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad y$$

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n) = (X_1, X_2, \dots, X_n) \text{ la producción efectiva.}$$

Es decir, que  $u$  es el output total o sea, es el vector de sumas de las filas de los consumos intermedios recientes,  $v$  es el input total o el vector de sumas de sus columnas y  $w$  denota la producción de cada sector económico. De acuerdo con el método **RAS**, se lleva a cabo el siguiente proceso iterativo:

i) Se obtiene primeramente el vector:

$$u^1 = [A(0)\hat{w}(1)]\mathbf{1}$$

donde  $A(0)$  es la matriz original de coeficientes técnicos,  $\hat{w}(1)$  es el vector de producción efectiva diagonalizado y  $\mathbf{1}$  es un vector formado por unos.

ii) Se calcula la primera matriz diagonal  $r^1$  con los coeficientes corrientes dados por filas como:

$$r^1 = [\hat{u}(1)][\hat{u}^1]^{-1}$$

donde  $\hat{u}(1)$  es el vector diagonalizado que reúne las sumas de los coeficientes por filas.

iii) Se obtiene ahora la matriz de coeficientes corregida  $A^1 = r^1 A(0)$  que deberá cumplir la restricción impuesta por filas:

$$A^1 \hat{w}(1) \mathbf{1} = (r^1 A(0) \hat{w}(1)) \mathbf{1} = u(1)$$

iv) Obtendremos ahora la primera estimación del total de consumos intermedios por

columnas  $v^1$ , con la matriz ajustada  $A^1$ :

$$v^1 = \Gamma \cdot (A^1 \bar{w}(1))$$

v) Se establece la primera matriz diagonal de coeficientes correctores por columnas  $s^1$ :

$$s^1 = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^1]^{-1}$$

donde  $\hat{v}(1)$ , representa el vector diagonalizado de las sumas por columnas.

vi) De la expresión anterior se obtiene la matriz de coeficientes corregida por columnas:

$A^2 = A^1 s^1$ . Dicha matriz tendrá ahora que cumplir la siguiente restricción por columnas:

$$\Gamma \cdot (A^2 \bar{w}(1)) = v^1$$

vii) Deduciremos, del mismo modo, las nuevas matrices corregidas, efectuando las iteraciones siguientes por filas:

$$u^2 = (A^2 \bar{w}(1)) \mathbf{1}, \dots, u^h = (A^{2h-2} \bar{w}(1)) \mathbf{1}$$

estableciéndose los siguientes vectores correctores:

$$A^3 = r^2 A^2 = r^2 r^1 A(0) s^1, \dots, A^{2h-1} = r^h A^{2h-2} = r^h r^{h-1} \dots A(0) s^1 \dots s^{h-1}$$

obteniéndose, por consiguiente, las siguientes matrices corregidas:

$$A^3 = r^2 A^2 = r^2 r^1 A(0) s^1, \dots, A^{2h-1} = r^h A^{2h-2} = r^h r^{h-1} \dots A(0) s^1 \dots s^{h-1}$$

De la misma forma se obtendrán las correcciones por columnas, estimándose ahora los nuevos inputs totales:

$$v^2 = \Gamma \cdot (A^3 \bar{w}(1)), \dots, v^h = \Gamma \cdot (A^{2h-1} \bar{w}(1))$$

Por consiguiente, se alcanzan los coeficientes correctores por columnas:

$$s^2 = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^2]^{-1}, \dots, s^h = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^h]^{-1}$$

Ahora obtendremos las matrices ajustadas por columnas de la forma siguiente:

$$A^4 = A^3 s^2 = r^2 r^1 A(0) s^1 s^2, \dots, A^{2h} = A^{2h-1} s^h = r^h r^{h-1} \dots r^1 A(0) s^1 \dots s^{h-1} s^h$$

viii) El proceso termina cuando la matriz final ajustada:

$$A^k(1) = \prod_{i=1}^k r^i A(0) \prod_{i=1}^k s^i$$

verifica con el suficiente grado de exactitud que, componente a componente:

$$u(1) = [A^k(1) \bar{w}(1)] \mathbf{1} \quad \text{y} \quad v(1) = \Gamma \cdot [A^k(1) \bar{w}(1)]$$

Conforme a esta técnica se puede dilucidar que los factores  $r$  ajustan cada una de las columnas para tomar en consideración el efecto de sustitución; es por esto que, son llamados factores de sustitución. Dado que se utiliza una  $r$  diferente para cada coeficiente

en una columna, éstas cambian las proporciones en las cuales se emplean los distintos insumos. Los vectores  $s$ , en contraste, son acreditados como factores de fabricación, porque siempre cambian las proporciones en que se utilizan los insumos intermedios y primarios, para la producción de bienes y servicios.

Resumiendo, para llevar a cabo el primer objetivo esgrimido en párrafos anteriores de esta misma sección (enfoque 1) el proceso seguido ha consistido llanamente en la convergencia de la suma de las filas y columnas de la matriz intersectorial mexicana de 2008 a los valores de la demanda intermedia y de los inputs intermedios, vectores que se han obtenido a partir del SCNM de 2014, sin entrar en las posibilidades adicionales que hubiese reportado el hecho de disponer de una matriz híbrida con elementos  $X_{ij}$  correspondientes al año básico 2008 y algunos otros estimados independientemente y referidos al año 2014. Finalmente, podemos expresar de manera formal y en forma compacta el método utilizado el cual quedaría como a continuación se ilustra:

$$(X_j)^{2014} = \hat{R}(X_j)^{2008} \hat{S}$$

$$Z^{2014} = \hat{R}(X_j)^{2008} S$$

$$W^{2014} = \hat{R}(X_j)^{2008} \hat{S}$$

$(X_j)^{2014}$  = Matriz de flujos intersectoriales de la economía de México estimada, correspondiente al año 2014.

$(X_j)^{2008}$  = Matriz de flujos intersectoriales de la economía de México original, elaborada por métodos directos correspondientes al año 2008.

$Z^{2014} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$  = Vector del total de outputs intermedios de la economía mexicana, cuyos elementos:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{para 2014})$$

$W^{2014} = (W_1, \dots, W_j, \dots, W_n)$ : Vector del total de inputs intermedios de la economía mexicana cuyos elementos:

$$W_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{para 2014})$$

$R$  vector o  $\hat{R}$ : Matriz diagonal de los <<multiplicadores de sustitución>>.

$S$  vector o  $\hat{S}$ : Matriz diagonal de los <<multiplicadores de fabricación>>.

### 2.6.2 Hipótesis General Y El Contenido Económico Del Ras

La hipótesis sobre la cual se basa el método **RAS** es la relación de biproporcionalidad entre la matriz de coeficientes técnicos originales  $A^0$  y la matriz final o desconocida  $A^{0*}$ :  $\hat{a}_j = r_i a_{ij} s_j$ , que denotada de manera matricial será  $A^{0*} = \hat{R}A\hat{S}$ . El método **RAS** resulta de una

hipótesis relativa a la evolución de los coeficientes técnicos a través del tiempo. Evolución que se debe a los siguientes tres factores:

- Cambios en la asignación de los productos (*efecto sustitución*). El efecto sustitución evalúa el grado en que un producto ha sido sustituido por algún otro como insumo en una determinada actividad económica. Este efecto, que aparece recogido en el factor  $r_i$ , es medido por la cuantía en que un input de un sector ha sido reemplazado por inputs pertenecientes a otros sectores. En cualquier caso, este efecto opera uniformemente a lo largo de las filas de la matriz y podría ser, en gran parte, provocado por cambios en los precios relativos.
- *El efecto tecnológico o fabricación*: Este mide el grado en el cual, en la fabricación de cierto bien o producto, se han sustituido insumos físicos por insumos primarios. Dicho de otra forma, este se refiere a la alteración en la proporción de inputs intermedios en el total de recursos disponibles de un sector. Dicho efecto, que emerge recogido en el coeficiente  $s_j$ , responde al cambio en el empleo de inputs intermedios en la fabricación del output de un sector. Se transmite uniformemente a través de las columnas de la matriz y podría ser, en buena medida, incitado por una innovación tecnológica en el proceso productivo.
- *La variación o diferencia en los precios*: Las distorsiones resultantes de los cambios en los precios relativos pueden ser subsanadas exógenamente, por la vía de la deflactación implícita, mecanismo que exige una excelente información sobre índices de variación de precios sectoriales<sup>9</sup>.

De lo antes expuesto, se pretende mostrar una interpretación económica del método **RAS**. Sin embargo, algunos autores como Lecomber (1975) y Miernyk (1977), critican esta posibilidad argumentando que, dicho método se basa en unos supuestos que no son válidos, ya que no representan correctamente la realidad económica y, por lo tanto, sólo puede ser considerado como una mera herramienta matemática de estimación de parámetros input-output. Por el contrario, existen autores como por ejemplo, Dietzembacher (1998), que considera que, esta no es razón suficiente para abandonar la interpretación económica subyacente al método **RAS**, la no aproximación a la realidad sólo supone que, se deberían tener en cuenta otros supuestos para mejorar el modelo, pero no tiene por qué invalidar los supuestos planteados y su interpretación. Para finalizar, la matriz  $A_{ij}$ , de coeficientes técnicos, debe ser actualizada en función de estos dos efectos: el de sustitución  $r_i$ , y de transformación  $s_j$ . Conceptos y terminología que fundamentan tanto la hipótesis de sustentación, como el origen de la denominación del método.

$$r_i \cdot A_{ij} \cdot s_j$$

<sup>9</sup> En el SCN se calculan a precios básicos (Apb) que corresponde al precio del productor sin impuestos, a precios productor (App) correspondiente a los precios básicos más los impuestos netos de subvenciones sobre los productos, a precios del usuario (Apu) que corresponden a los precios de mercado de los bienes y servicios.

## 2.7 Aspectos Metodológicos: Marco General Del Estudio E Información Estadística Manejada

Una vez señalados los supuestos del método RAS, el paso siguiente será proceder a su aplicación. El enfoque metodológico **RAS**, plantea los siguientes requerimientos en términos de información básica:

- Matriz de consumos intermedios nacionales de referencia  $\mathbf{A}^0$ ;
- Los vectores de consumo intermedio fila y columna de la nueva matriz de consumos intermedios a estimar<sup>10</sup>.
- La producción bruta correspondiente a la matriz a estimar.

Puesto que no existe una MIP más actual (calculada con métodos directos) a la de 2008, para el caso ( $\mathbf{A}^0$ ) se tomara en cuenta como referencia la matriz de consumos intermedios nacional de 2008. *Vamos a suponer que las actividades productivas que se desarrollaban en México en 2008 poseen una estructura de costos más o menos similar a la de 2014<sup>11</sup>*. Aunque este supuesto incorpora un elemento de *sesgo* para la nueva matriz obtenida, debido esto, a que la estructura económica de México en el año base es diferente a la estructura productiva de 2014 (al combinar diferentes estructuras de producción).

El estudio pretende probar empíricamente la metodología **RAS** y definir una alternativa de tratamiento de la información básica nacional disponible para alimentar el modelo. Tomamos como tabla inicial la MIP de México de 2008<sup>12</sup> y a partir de ella estimaremos la MIP de 2014. Como información complementaria se utilizarán los vectores de producción efectiva, de sumas de consumos intermedios por filas y columnas de la economía mexicana del año 2014.

El trabajo será menos laborioso, siempre y cuando, por un lado, se tenga la información elemental para su actualización, y por otro un programa computacional que sea potente para soportar grandes cantidades de cálculo. La aplicación del método, como se comentó, podría resultar bastante tediosa y larga si manejamos matrices de datos de gran dimensión, y si no contamos con un programa de cómputo que nos auxilie en esta tarea. Los cálculos que requiere el **RAS** son más accesibles con el apoyo de programas como el R, S-PLUS, MATLAB, STATA, E-VIEWS o GAMS y algún programa estadístico que permita la manipulación de matrices. Se realiza la actualización de la MIP mediante el método **RAS**

10 En torno a la estimación de los consumos intermedios agregados por filas ( $\mathbf{u}$ ), Tilanus (1966) plantea el modelo siguiente, conocidas las siguientes igualdades: (1) los consumos intermedios agregados por filas ( $\mathbf{u}$ ) se definen por diferencia entre los output totales ( $\mathbf{q}$ ) y la demanda final ( $\mathbf{d}$ ). O sea,  $\mathbf{u} = \mathbf{q} - \mathbf{d}$  (1); y (2) la igualdad  $\mathbf{q} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} * \mathbf{d}$  (2); donde  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  es la inversa de Leontief. Si ahora se sustituye (2) en (1) y haciendo algunas operaciones algebraicas se tiene:  $\mathbf{u} = \{ (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{d} - \mathbf{d} \} = \{ (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} - \mathbf{I} \} \mathbf{d}$ .

11 Según Oscar Sierra (2006), una propuesta que sería mucho muy interesante, aunque muy laboriosa, es la de actualizar la matriz año con año, o sea, actualizar de 2008 a 2009, de 2009 a 2010 y así sucesivamente hasta el 2014 o el año hasta donde se tenga información disponible. Lo que permitirá capturar aquellos escenarios que se presentaron año con año, con el propósito de aproximar la MIP a una que sea lo más semejante posible a las condiciones estructurales del año que se quiere actualizar.

12 Se ha actualizado la TIO de México de 2014 porque la última tabla mexicana publicada hasta la fecha por INEGI es de 2012 que es una actualización de la MIP del 2008.



con el uso del programa estadístico **R** de uso libre.

### 2.7.1 Programación del método *ras* en “*R*”

En el apartado 2.6.1, se analizó cómo trabaja el método **RAS** ahora pasamos a su programación en **R**. Para esto nos decantamos por utilizar **R**, puesto que a pesar de que **MATLAB** es un lenguaje de programación específico de matrices y vectores, al efectuar los cálculos el tiempo de procesamiento es mayor que si utilizamos **R**, con el mismo número de iteraciones y los mismos resultados. Los pasos iterativos del método **RAS**, se programaron en el paquete estadístico **R** el cual realiza las operaciones con matrices y vectores con gran facilidad.

El modelo **RAS** plantea una actualización tomando como punto de partida el comportamiento de la economía en periodos anteriores, con ayuda del SCN del año para el cual se vaya a actualizar. Es importante mencionar que los resultados alcanzados por medio de esta metodología pudieran ser no tan precisos como si se efectuara bajo los esquemas tradicionales (levantamiento de encuestas y captura de datos) pero con un nivel de confiabilidad bueno estas diferencias a la larga serían no significativas como para rechazar los datos propuestos por el método **RAS**. Los resultados preliminares se presentan en el anexo.

## 3 | CONCLUSIONES

El planteamiento inicial del trabajo fue la actualización de la matriz de insumo-producto al 2014 a partir de los coeficientes técnicos del 2012 y con información incorporada del sistema de cuentas nacionales del 2014. Este objetivo se ha cumplido satisfactoriamente con la presentación de los resultados preliminares de la Matriz de Transacciones interindustriales de origen Nacional al año 2014, logrando resultados congruentes con la información disponible. Esta metodología aplicada puede ser utilizada en el cálculo de matrices de insumo-producto para matrices sectoriales como son el turismo, la industria, entre otros; también puede ser utilizada en el cálculo de matrices de insumo-producto en economías regionales, por ejemplo en el cálculo de la matriz de insumo-producto del estado de Guerrero o cualquier otra entidad federal. Estos son los posibles trabajos futuros que pudiéramos desarrollar.

## REFERENCIAS

1. Allen, R. I. G., y Lecomber, J. R. C. (1975): **Some test on a generalized version of RAS**, en Allen Gossling (eds.), *Estimating and Projecting Input-Output*, Publishing Company.
2. Allen, R.I. (1974): **Some Experiments with the RAS Method of Updating Input-Output Coefficients**. *Oxford Bulletin Economic Statistic*. August, vol.36, no.3.

3. Álvarez, R. (2001): **Métodos de estimación indirecta de coeficientes input-output: una aplicación a la comarcalización de tablas**, Trabajo de investigación presentado en la Universidad de Oviedo.
4. Bacharach, M. (1970): **Biproportional Matrices & Input-Output Change**, University of Cambridge Department of Applied Economics Monographs, Cambridge University Press.
5. Bachem, A., y Korte, B. (1979): **Estimating input-output matrices**, Seventh International Conference on Input-Output Techniques, Innsbruck.
6. Barriga, L. (1992): **Dinamicidad de las tablas de coeficientes técnicos en el análisis input-output: análisis en base a una serie de 25 años**. Universidad Autónoma de Madrid, España. (Tesis Doctoral).
7. Czamanski, S. and Malizia, E. (1969): **Applicability and limitations in the Use of National Input-Output Tables for Regional Studies**. Papers, Regional Science Association. Vol.23, pp.65-77.
8. Dietzenbacher, E. & B. LOS, (1998): **Structural Decomposition Techniques : Sense and Sensitivity**, Economic System Research, nº.4, pp. 307-323.
9. Hitz, P., y Schmid, B. (1978): **Computerprogramm Entrop M Studienunterlagen zur Orts-Regional und Landesplanung** OR-L-Institut, ETM, Zurich, Suiza.
10. INEGI (2003): **Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), Cuentas por Sectores Institucionales**. Tomos I y II, México.
11. INEGI (2015). **Matriz de insumo producto simétrica por subsectores en millones de pesos corrientes para el año 2008**. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabniveles.aspx?c=33600>.
12. INEGI (2015). **Series de consumo intermedio, valor agregado y valor bruto de la producción para los años 2003-2014. Base 2008**. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
13. INEGI, **Sistema de Cuentas Nacionales**. Cuadros de Oferta y Utilización. Fuentes y Metodologías. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx) (2014 resultados preliminares).
14. Lecomber, R. (1975): **RAS projections when two or more complete matrices are known**, Economics of planning. Vol.9. No.3, pp. 267-278.
15. Leontief, W. (1973): **Análisis económico Input-Output**, Barcelona, Ed. Ariel.
16. Malizia, E. and Bond, D. E. (1974). **Empirical test of RAS method of interindustry coefficient adjustment**. Journal of Regional Science, Vol. 14, Nº 3, pp. 355-365.
17. Marquina, S. (2014). **Comparación y articulación interna de la actividad económica del sector turístico a partir de la Matriz de Insumo-Producto Turística de México (MIPTM-2003) basada en el enfoque de Cuenta Satélite del Turismo (C S T)**. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid, España.

18. Menshikov, S. M. (1975): «**On New Uses of Dynamic Input-Output Macroeconomic Models**, en G. Fromm y L. R. Klein (eds.), *The Brookings Model*» Perspective and Recent Developments, Amsterdam, North-Holland.
19. Mesnard, L. (1989): **Note about the theoretical foundations of biproportional methods**, Ninth International Conference on Input-Output Techniques, Keszthely.
20. Michellini, C. and Robinson, J. (1971): **Una valutazione per L'Italia e la Gran Bretagna del método RAS per la proiezione della matrice de coeficiente tecniere negli estudi input-output**, Revista de Política Económica. Vol.LXI, octubre.
21. Miernyk, W. H. (1977): **Comments on recent development in regional input-output analysis**, International Regional Science Review, vol. 1, pp. 47-55.
22. Morrison, W. I., y Thumanm, A. (1980): **Lagrangian multiplier approach to the solution of a special constrained matrix problem**, Journal of Regional Science, vol. 20, nº.3.
23. Paelink, J. and Waelbroek, J. (1963): **Etude empirique sur l'évolution de coefficients input-output**, Economie appliquée. Vol.16.
24. Pedreño, A. (1984): **Algunas reflexiones en torno al método RAS como técnica de ajuste de la matriz de flujos intersectoriales**, Revista de Economía y Empresa. Vol.2, no.1, pp.51-67.
25. Pedreño, A. (1986): **Deducción de las tablas input-output: consideraciones críticas a través de la contrastación <<survey-nonsurvey>>**, Investigaciones Económicas. Vol. X. No.3, pp. 79-99.
26. Pulido, A. y Fontela, E (1993): **Análisis Input-Output: modelo, datos y aplicaciones**, Madrid, España. Ed. Pirámide.
27. Round, J. L. (1978): **An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods**. Journal of Regional Science. Vol.18, No.2. pp. 179-195.
28. Schneider, H. (1965): **An Evaluation of Two Alternative Methods for Updating Input-Output Tables**, Harvard College, B.A.
29. Sierra, O. (2006): **Actualización de la Matriz Insumo-Producto en México**. Publicado en revista electrónica: Cociente: Cómputo Científico y Técnico. Nov.06/Ene.07. No.2. pp.26-30. <http://www.cociente.com.mx>
30. SPP/ PNUD. (1983). **Matriz de Insumo-Producto. Año 1978**. (Actualización), SPP. México
31. SPP/PNUD, (1986): **Matriz de Insumo-Producto". Año de 1980**, SPP/INEGI, México.
32. Stone, R. et al. (1963): **Input-Output Relationships**, Number 3 in A Programme for Growth. University of Cambridge Department of Applied Economics, Chapman and Hall, Londo, England.
33. Tilanus, C. B. (1966): **Input-Output Experiments**, Rotterdam University Press.

# ANEXO

## Tabla No. 1. RESULTADOS PRELIMINARES: Presentación de la Matriz de Transacciones interindustriales de origen Nacional 2014.

INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de bienes y servicios, 2014 Preliminar, base 2008

Matriz simétrica doméstica de insumo-producto (producto por producto) por sector de actividad, en millones de pesos, a precios básicos.

Economía total

NO.	CÓDIGO CLASE SCIAN	SECTORES COMPRADORES	SECTORES VENDEDORES																				TOTAL DEMANDA INTERMEDIA	
			DEMANDA INTERMEDIA																					
			1	2	22	23	31-33	43-46	48-49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81	83	20		
1	11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	65,116	0	3	5	259,644	0	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	324,773
2	21	Minería	428	2,385	697	137	293,046	0	2	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	296,695
3	22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	15,064	11,482	1,668	132	108,835	0	243	2,177	3,010	9,983	14,807	1,234	21,723	100	0	111	6,694	3,925	8	-	-	201,196
4	23	Construcción	135	402,810	44,984	182,920	283,006	0	5,413	76	-	14,802	5,081	3,323	7,230	2,423	1	442	8,855	15,017	111	-	-	579,890
5	31-33	Industrias Manufactureras	515,813	290,274	235,426	23,603	5,074,922	0	34,674	31,993	45,208	71,656	119,244	33,436	231,159	215	0	523	57,098	46,922	107	-	-	6,822,191
6	43-46	Comercio	55,516	26,410	15,332	1,995	603,743	0	1,825	6,311	4,380	4,075	11,873	1,545	17,666	22	0	42	3,878	5,317	9	-	-	769,538
7	48-49	Transportes, correos y almacenamiento	31,177	18,772	13,628	1,178	494,227	0	4,111	10,814	29,571	5,272	36,779	5,472	41,542	69	0	67	1,419	4,431	30	-	-	698,960
8	51	Información en medios masivos	779	3,313	914	392	27,712	0	473	20,424	75,339	7,638	42,100	8,566	40,643	110	0	82	1,419	3,628	16	-	-	233,548
9	52	Servicios financieros y de seguros	11,298	14,329	1,200	1,191	67,370	0	650	8,395	104,438	12,519	47,675	6,992	35,101	37	0	69	1,898	690	23	-	-	319,876
10	53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3,206	7,973	214	188	48,268	0	504	5,357	10,833	15,204	34,386	11,540	22,173	60	0	74	1,290	8,667	4	-	-	169,940
11	54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	469	6,855	719	122	28,712	0	385	2,327	8,030	4,358	33,278	13,604	21,218	28	0	30	702	1,390	4	-	-	122,231
12	55	Corporativos	19	2,416	97	0	6,899	0	59	504	3,060	224	536	10,239	1,544	1	0	2	131	45	0	-	-	26,776
13	56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	410	3,951	234	120	44,915	0	245	2,321	5,051	1,412	21,086	5,716	16,580	16	0	45	2,397	1,296	2	-	-	160,791
14	61	Servicios educativos	80	32	3,997	2	6,081	0	1,529	803	25,328	710	53,300	-	6	97	0	192	-	14	1	-	-	92,174
15	62	Servicios de salud y de asistencia social	-	-	-	11,857	-	0	101,809	72,464	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	186,109
16	71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	-	-	-	0	-	0	18	22,183	2,090	545	-	-	563	-	-	218	-	29	-	-	-	29,879
17	72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	1,996	9,553	1,711	513	53,933	0	964	4,937	11,473	1,785	13,236	10,855	57,198	107	0	48	531	2,363	46	-	-	171,290
18	81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	3,564	5,191	942	422	47,397	0	1,016	1,148	17,546	5,186	24,315	1,836	13,594	46	0	146	3,585	8,611	10	-	-	194,666
19	93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	-	-	-	42	78,930	1	-	-	-	-	181,663	-	66,509	-	-	-	-	-	-	-	-	327,145
20		<b>Total de usos de origen nacional</b>	<b>706 072</b>	<b>814 746</b>	<b>321 666</b>	<b>224 820</b>	<b>7 528 241</b>	<b>1</b>	<b>163 922</b>	<b>192 206</b>	<b>346 365</b>	<b>337 042</b>	<b>467 698</b>	<b>114 367</b>	<b>994 747</b>	<b>3 330</b>	<b>1</b>	<b>2 101</b>	<b>91 230</b>	<b>102 929</b>	<b>406</b>	<b>11 989,867</b>		

## OS IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NA FABRICAÇÃO DE MOLDES PARA INJEÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 30/07/2021*

### **Marco Aurélio Feriotti**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/9520227570587041>

### **Davi de Medeiros Marcelino**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo

### **José Martino Neto**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/4241594006171695>

### **Jorge Luiz Rosa**

Faculdade de Tecnologia - Fatec  
Guarulhos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5759084010501584>

**RESUMO:** Os impactos da manufatura aditiva, Impressão 3D, no setor de fabricação de moldes de injeção para termoplásticos. Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre a aplicação da manufatura aditiva e Impressão 3D na ferramentaria de moldes de injeção para termoplásticos e pesquisa junto a empresas do setor. Verificou-se que, em muitos casos a manufatura aditiva, Impressão 3D, já vem influenciando a cadeia produtiva e a fabricação de moldes. É fato que o setor de produção de moldes para injeção de termoplásticos vem passando por momentos críticos desde o

ano 2000, o nível de importação tem crescido vertiginosamente no Brasil. Essa pesquisa possibilitou refletir que existe uma tendência no curto e médio prazo, que a produção de moldes sofrerá um impacto com o advento da impressão 3D, essa transformação tecnológica pode significar uma redução da necessidade de investimento em moldes já que a cadeia de suprimentos está sendo substituída por produtos fabricados através da manufatura aditiva com impressão 3D, além de moldes e insertos que também já estão sendo fabricados com essa tecnologia. A percepção no estudo de caso com empresa do setor possibilitou constatar que suas consequências afetarão significativamente as negociações de novos projetos, e resultará numa perspectiva do encolhimento no setor.

**PALAVRAS - CHAVE:** Impressão 3D; Manufatura aditiva; Produção de molde para injeção de termoplásticos.

### THE IMPACTS OF 3D PRINTING ON THE MANUFACTURING OF MOLDS FOR THE THERMOPLASTICS INJECTION

**ABSTRACT:** The impacts of additive manufacturing, 3D Printing, on the injection mold manufacturing sector for thermoplastics. Bibliographic research was carried out on the application of additive manufacturing and 3D printing in thermoplastic mold tooling and research with companies in the sector. It was found that, in many cases, the additive manufacturing, 3D printing, has already been influencing the production chain and the manufacture of molds. It is a fact that the thermoplastic injection mold production sector has been going through critical

moments since 2000, the level of imports has grown dramatically in Brazil. This research made it possible to reflect that there is a trend in the short and medium term, that the production of molds will suffer an impact with the advent of 3D printing, this technological transformation may mean a reduction in the need for investment in molds as the supply chain is being replaced by products manufactured through additive manufacturing with 3D printing, in addition to molds and inserts that are also already being manufactured with this technology. The perception in the case study with a company in the sector made it possible to verify that its consequences will significantly affect the negotiations of new projects, and will result in a perspective of shrinkage in the sector.

**KEYWORDS:** 3D printing; Additive manufacturer; Production of thermoplastic injection mold.

## 1 | INTRODUÇÃO

A produção convencional de moldes vem sofrendo impactos com a impressão 3D. “O mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias e os moldes em aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até substituídos pelos moldes impressos em 3D” (FERNANDES et al., 2014 ).

A questão a ser verificada é os impactos da impressão 3D no setor ferramenteiro de moldes para injeção de termoplásticos no Brasil, que já vem sofrendo um declínio devido ao mercado globalizado e a concorrência asiática.

Com o advento da tecnologia da manufatura aditiva o setor poderá sofrer um impacto encolhendo ainda mais, fechando grande parte das ferramentarias remanescente e levando aquelas que sobreviverem a uma estagnação.

O foco neste trabalho se restringe na área da aplicação da ferramentaria convencional de produção de molde para injeção de termoplásticos e da tecnologia de manufatura aditiva por impressão 3D e os impactos na cadeia de suprimentos.

A avaliação dos impactos da impressão 3D na produção convencional de moldes foi feita por meio de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso, junto ao setor.

Objetivo geral:

Analisar os impactos da manufatura aditiva (Impressão 3D) na fabricação de moldes para injeção de termoplásticos.

Objetivos específicos:

-Apresentar o cenário no setor e as aplicações da ferramentaria de moldes de injeção atual;

-Apresentar a manufatura aditiva e suas aplicações na ferramentaria de moldes termoplásticos;

-Mapear alguns dos principais impactos na manufatura aditiva na fabricação de moldes termoplásticos;

## 2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ferramentaria é parte do sistema metalúrgico. Além disso, produz e cria os mais diversos tipos de ferramentas usadas em diferentes indústrias. Atualmente, a ferramentaria está relacionada a empresas nos segmentos de corte, dobra e repuxo, moldes plásticos, injeção de alumínio e vulcanização de borrachas (BRAVANIA, 2018).

A competição mundial no setor de Ferramentarias tem se acentuado desde o início do ano 2000 com atuação cada vez mais intensiva de empresas localizadas na Ásia, particularmente na China (FERREIRA, 2014).

Na atualidade, as ferramentarias estão cada vez mais pressionadas a buscar alternativas para produzir moldes eficientes de forma mais rápida e precisa e com um menor custo. Um dos motores para a tecnologia da manufatura aditiva evoluir neste segmento é o desenvolvimento de diversos materiais com características de aços ferramenta, utilizados principalmente na concepção de insertos para moldes para injeção de polímeros (JUNIOR; COSTA, 2019).

O mercado vive hoje um momento de diversificação de tecnologias e os moldes em aço podem, em alguns casos, ser complementados ou até substituídos pelos moldes impressos em 3D (FERNANDES, 2014). A Impressão 3D é uma tecnologia disruptiva que revolucionará modelos de negócios. Apesar de já existir a três décadas, esta só ganhou a atenção das grandes empresas e da academia nos últimos anos com o avanço tecnológico recente (PEGAS, 2017).

### 2.1 Aplicações da Ferramentaria

A ferramentaria é o início da produção de praticamente todos os produtos que existem no mundo. Desde um simples lápis a uma complexa aeronave, de alimentos a vestimentas e de tantos outros produtos, sua construção ou fabricação se tornou factível através de desenvolvimentos e projetos gerados dentro de uma ferramentaria (FERRARI, 2011).

Nos seus diversos segmentos, esta tem como atividade principal planejar o processo de fabricação, desenvolver várias ferramentas, máquinas e integrar as instalações necessárias para a produção de produtos específicos, ela é parte do sistema metalúrgico. “Em suma, atualmente a ferramentaria baseia-se no uso e na aplicação de várias ferramentas industriais dentro de uma configuração de fabricação” (BRAVANIA, 2018).

A ferramentaria emprega no seu método produtivo varios processos de usinagem utilizando diversas máquinas ferramentas (FERREIRA, 2011).

O setor ferramenteiro de moldes de injeção no Brasil, a partir do ano 2000, teve sua capacidade limitada e permaneceu estagnada recorrente da acirrada concorrência asiática, os investimentos em treinamento, qualificação e renovação do parque de máquinas foi muito tímido além das muitas unidades que encerraram suas atividades.

Neste mesmo tempo vivemos uma revolução industrial que alavancou a introdução de novas tecnologias de alta eficiência, qualidade e variabilidade visando atender uma demanda da modernidade jamais vista antes. Dentro deste grupo de tecnologias a que tem destaque é Impressão 3D. Esta tecnologia está impulsionando a fabricação de produtos personalizados, sendo uma solução para lotes pequenos de produtos complexos com alto grau de personalização (SANTOS *et al.*, 2018).

Esta vem ganhando espaço dentro das produções convencionais de moldes para injeção de termoplásticos, ameaçando uma modificação na cadeia produtiva que provocará mudanças significativas no setor.

Em vez de gastar altas somas e muito tempo produzindo moldes em aço para a produção de séries limitadas de componentes ou produtos, é possível utilizar moldes produzidos nas impressoras 3D, reduzindo custos e acelerando o lançamento do produto (FERNANDES *et al.*, 2014)'.  
'

Apesar de enfrentar grandes desafios, a impressão 3D vem substituindo em muitos casos os moldes de aço, com expectativa da redução de custos de investimentos e mais eficiência nos prazos de produção se comparado aos métodos convencionais.

## 2.2 Impressão 3D

Impressoras 3D, (Figura 1), são equipamentos capazes de produzir conforme a demanda criativa de seus projetistas, ou seja, praticamente qualquer coisa. Desde produtos como brinquedos, a peças que farão outros produtos, a manufatura aditiva está evoluindo e se mostrando capaz de substituir partes da cadeia produtiva de muitos setores, de acordo com Fernandes *et al.* (2014).

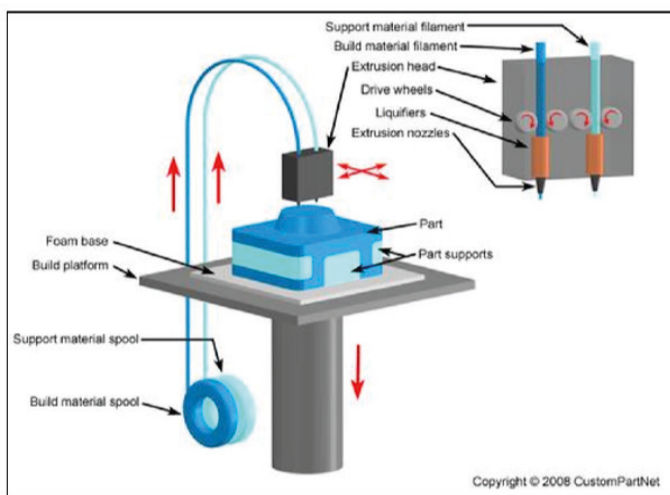


Figura 1 - Sistema de Impressão 3D (FDM)

Fonte: FERNANDES *et al.*, (2014).



A Impressão 3D é uma tecnologia disruptiva que revolucionará modelos de negócios (PEGAS, 2017).

Essa tecnologia não é novidade nas grandes indústrias, porém com sua evolução, vem descendo a cadeia de suprimento e chegando cada vez mais próximo do consumidor final. A cadeia de suprimentos tem grande chance de ser modificada pela impressão 3D (FERNANDES et al., 2014).

A modificação da cadeia pode significar benefícios para empresas como também o fim para muitos de seus fornecedores como conhecemos hoje (Figura 2).



Figura 2 - Cadeia Produtiva Tradicional e Cadeia Produtiva Digital

Fonte: AUTORES (2020)

### 2.3 Moldes Impressos em Plástico

A ferramentaria é um elo antigo na cadeia de suprimentos de todas as indústrias, sendo o setor de molde de injeção um dos seus mais importantes braços, mas será que ela continuará sendo?

As partes internas dos moldes podem ser impressos de formas idênticas às partes internas dos moldes de aço, e elas podem aceitar, por meio da injeção de plástico de uma gama de materiais amplamente usados no setor (FERNANDES et al, 2014).

As injetoras Arburg já podem trabalhar com moldes produzidos nas impressoras 3D da Stratasys (figura 3), reduzindo custos e acelerando o lançamento do produto.” (FERNANDES *et al*, 2014).



Figura 3- Moldes gerados na impressora 3 D

Fonte: CADxpert.com.br (2014) apud FERNANDES *et al* (2014)

Fica claro que em situações em que é possível utilizar moldes impressos para estes materiais específicos a manufatura aditiva é mais eficiente.

Comparando com dois orçamentos solicitados aos desenvolvedores de ferramental, a economia é significativa, sendo 43% mais barato que o molde de alumínio e 72% mais barato que um molde de aço, conforme demonstrado na figura 4. (FERNANDES *et al* ,2014)

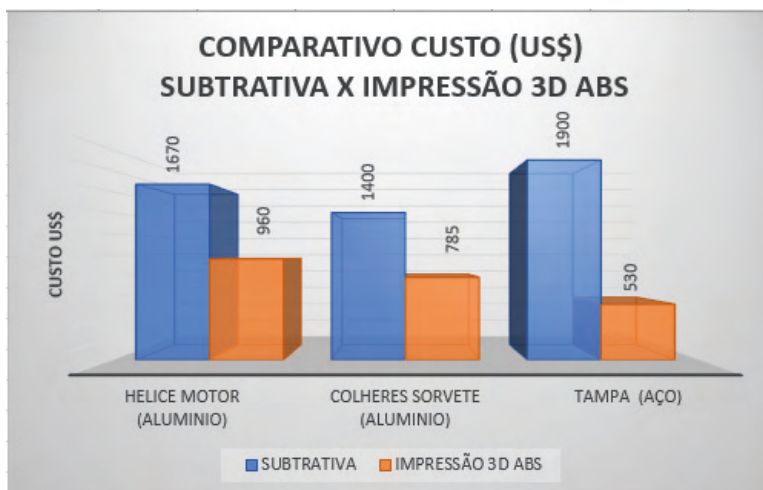


Figura 4 – Gráfico comparação de custo Moldes Manufatura Subtrativa x Impressos em 3D

Fonte: Autores (2020), baseado em FERNANDES, *et al* (2014)

A impressão 3D além de reduzir custos, ela acelera o lançamento do produto, conforme comparação do lead time de fabricação apresentada na Figura 5.

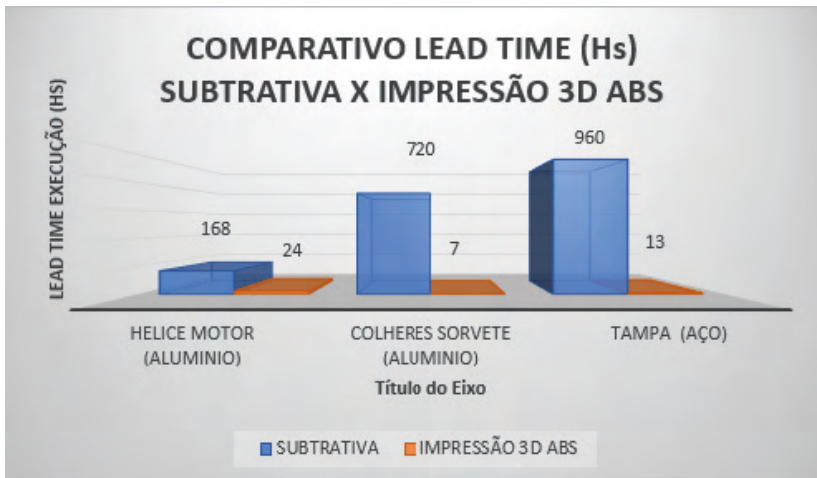


Figura 5 – Gráfico comparação de Lead Time Moldes Manufatura Subtrativa x Impressos em 3D

Fonte: Autores (2020), baseado em FERNANDES; *et al* (2014)

Uma das aplicações mais conhecidas de moldes impressos em 3D é na produção de pequenas séries de produtos para validação interna de projetos ou, então, validação de produtos que serão examinados por órgãos reguladores como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (FERNANDES *et al.*, 2014).

Com uma impressora 3D não é mais necessário montar uma linha e adquirir moldes para injeção de termoplásticos para fabricar um brinquedo, por exemplo, e submetê-lo a exames de validação, basta imprimi-los. Também há benefícios com a facilidade de personalização de pequenos lotes.

Para processos em que é necessário fazer uso de moldes de aço, o molde impresso em plástico, pode contribuir como protótipo para diminuir custos de projeto, já que é possível chegar ao molde final antes de se fabricá-lo em aço.

## 2.4 Moldes Impressos em Metais

A manufatura aditiva permite a criações de geometrias que eram complexa para a produção convencional, com isso seria possível aumentar a produtividade criando melhorias no funcionamento do molde em função da abertura de possibilidades de novas formas geométricas, antes impraticáveis.

A obtenção de peças de boa qualidade com tempos de ciclos eficientes depende não somente da máquina injetora, mas também dos sistemas que a compõem, alimentação, refrigeração e extração.

A tecnologia da manufatura aditiva vem como uma opção a permitir elevar as taxas de resfriamento do molde e reduzir a deformação do produto moldado, através da liberdade em criar geometrias complexas para os canais de resfriamento. Assim é possível adaptá-los aos contornos da superfície da peça fornecendo um resfriamento mais uniforme (JUNIOR;

COSTA, 2019).

Na figura 6, é apresentado um desenho técnico de um molde e os canais de refrigeração.

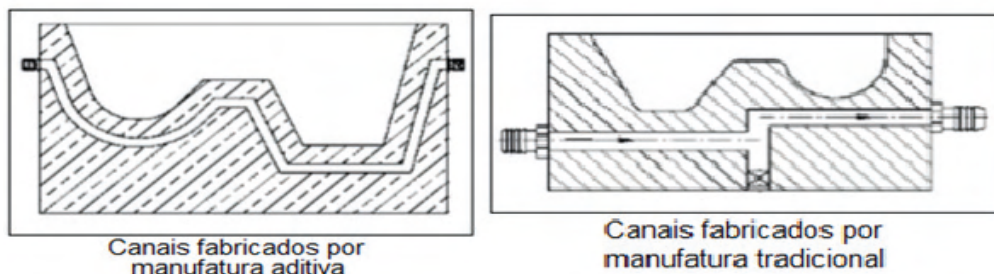


Figura 6– Comparativo canais de refrigeração manufatura aditiva x manufatura tradicional

Fonte: JUNIOR; COSTA (2019)

Foi realizado um teste comparativo em um molde de sapata plástica utilizando inserto de metal impresso pelo processo MA com inserts fabricados pelo método tradicional (JUNIOR; COSTA, 2019).

Fabricado através de métodos convencionais o inserto de aço AISI P20 e de cobre berílio possui canais de refrigeração retilíneos e possui as mesmas características geométrica e elementos de fixação (Figura 7).

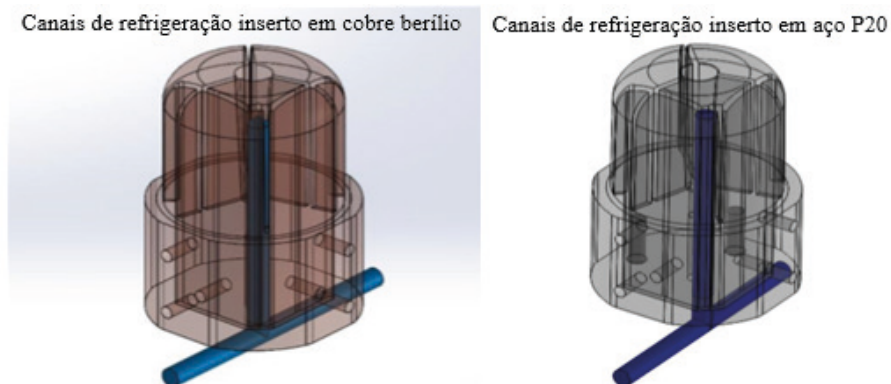


Figura 7: Canais de refrigeração inserto em manufatura subtrativa

Fonte: JUNIOR; COSTA (2019)

Para a Impressão 3D, o aço Maranging M300 foi escolhido por possuir características muito semelhantes ao aço AISI P20. A impressão 3D permite maior liberdade de criação

na geométrica interna do molde possibilitando diversos posicionamentos para os canais de refrigeração sem se preocupar com elementos de fixação. Assim foi estudado uma geometria para estes canais, buscando uma otimização em sua configuração, a fim de realizar a maior e mais eficiente troca térmica possível para o projeto (Figura 8).

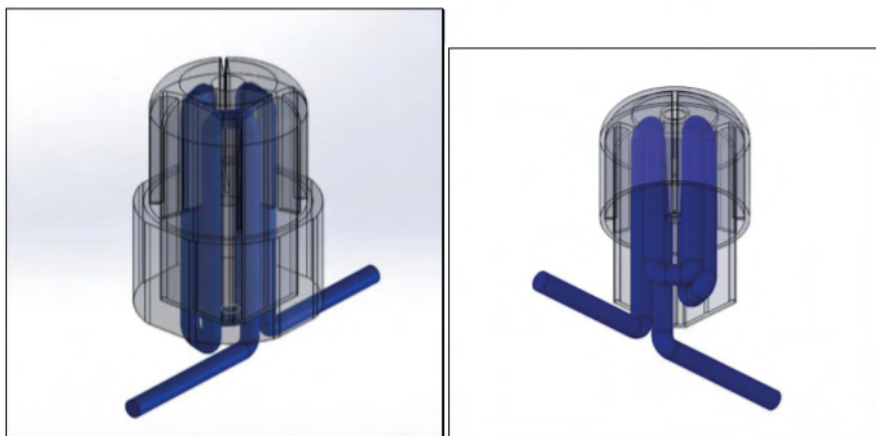


Figura 8 – Canais de refrigeração inserto em aço Maraging M300

Fonte: Adaptado de JUNIOR; COSTA (2019)

Conforme figura 9, é possível verificar que a condutividade térmica do Cobre Berílio é significativamente melhor que dos seus concorrentes, trazendo vantagem em sua aplicação, o aço M300 tem a menor condutividade térmica dentre os três, porém, a liberdade da configuração da geometria dos canais de refrigeração permitiram a compensação na redução do tempo do ciclo.

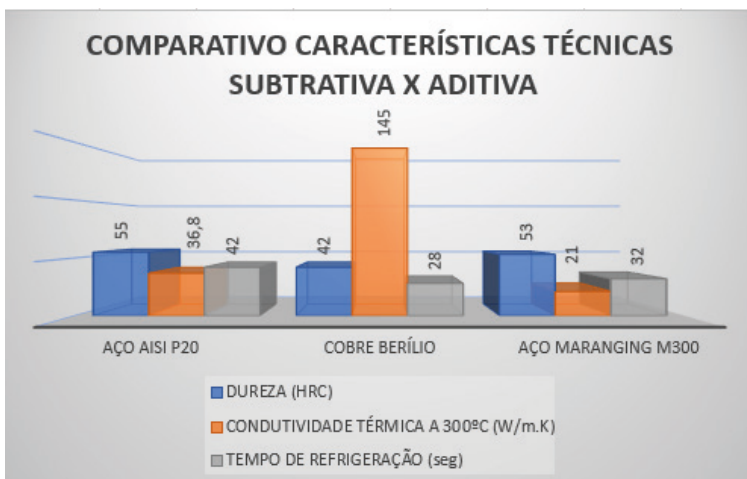


Figura 9 – Gráfico comparativo das características técnicas da Manufatura Subtrativa x Aditiva

Fonte: Autores (2020), baseado em JUNIOR; COSTA (2019)

O aço M300 demonstrou resultados promissores, apresentou um ganho de produtividade de 10 segundos em relação ao tempo de resfriamento comparado ao aço P20 e uma diferença de 4 segundos em relação ao cobre berílio.

O fator econômico, conforme demonstrado na figura 10, é uma expressiva limitação da aplicação da manufatura aditiva em alguns casos, pois seu preço é formado com base no seu peso. Os materiais disponíveis no mercado tem seu custo equivalente à 9 vezes o valor dos aços ferramentais.

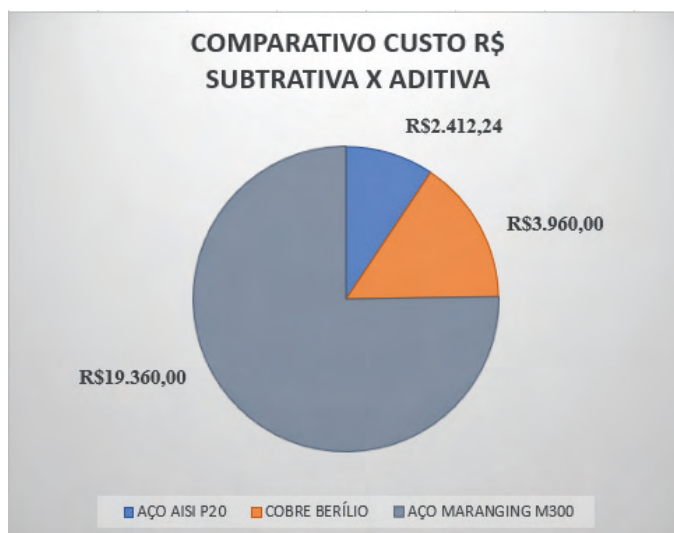


Figura 10 – Gráfico comparativo de Custos da Manufatura Subtrativa x Aditiva

Fonte: Autores (2020), baseado em JUNIOR; COSTA (2019)

### 3 | MÉTODO

Para a realização deste trabalho, a definição do método, baseado em Gil (2002) e Knechtel, (2014), caracteriza essa pesquisa como de natureza aplicada, envolve conhecimento disponível e sua ampliação, e no conhecimento visando utilidade econômica e social. Caracteriza-se como exploratória, pois proporcionou maior familiaridade com o problema ao torná-lo mais explícito levando-se a construção de hipótese (GIL, 2002, p. 41). A forma de abordar o problema foi a modalidade de pesquisa quali-quantitativa “interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (KNECHTEL, 2014, p. 106). Suas principais características são: ressalta a natureza socialmente construída da realidade; existe a relação entre o pesquisador e o objeto de estudo; enfatiza as qualidades e os processos, com destaque para a forma como a experiência social é criada e adquire significado; utiliza entrevistas e observação

detalhada (métodos interpretativos); estuda casos específicos (KNECTHEL, 2014).

Na pesquisa bibliográfica adotou-se material já elaborado constituído principalmente de artigos científicos, que abordam os temas pertinentes ao objeto desse estudo e sua problemática. Para essa pesquisa foi escolhida a plataforma Google Scholar, cujo tipo de pesquisa selecionado foi “documentos”, o campo de busca definido foi “Título do Artigo, Resumo, Palavras-chave”, as palavras-chave foram “Additive Manufacturing, 3D Print” e dentro dos resultados foram pesquisadas as palavras “Metallic Additive Manufacturing” e “Mold Tooling”. Vale ressaltar que os resultados foram limitados para a exibição de artigos e periódicos no período de 2010 a 2020, com o idioma inglês e pertencentes à área de estudo da engenharia.

Em um estudo de caso o foco consiste em um fenômeno contemporâneo (YIN, 2015), sendo assim esse foi o procedimento técnico escolhido, pois para a verificação dos impactos dessa tecnologia foi necessária a realização de observações e coletas de dados cujas análises costumam ser feitas por meio desse método. Uma abordagem desse procedimento técnico foi usada para permitir a avaliação da aplicação prática das pesquisas bibliográficas apresentadas acima, para tanto, foi realizada pesquisa exploratória em cinco etapas:

- Definição da empresa com uma ocorrência de experimento passada;
- Identificação de produtos fabricados pelo processo de impressão 3D;
- Análise dos projetos com a utilização da MA e impressão 3D;
- Levantamento e coleta dos dados;
- Avaliação detalhada dos dados coletados e análise das suas inferências acerca do objeto desse trabalho.

Estudo de caso: Foi realizada entrevista de forma online, em função do isolamento social decorrente da pandemia do COVID 19, com o responsável de uma empresa denominada “Alfa” que é referência no mercado de manufatura aditiva, fornecedora de várias indústrias automotivas (montadoras e sistemistas *Tier One*).

A partir do levantamento das informações obtidas foram aferidas algumas inferências acerca da aplicação da manufatura aditiva e suas limitações. Finalmente, foi realizada uma análise comparativa entre os dois modelos, classificando-os quanto ao nível da sua introdução na cadeia produtiva.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em estudos anteriores sobre a tecnologia da MA metálica, descobriu-se que diferentes variáveis estavam relacionadas a sua aplicação na fabricação de moldes A manufatura aditiva, com canais de refrigeração mais eficientes, demonstrou resultados promissores.



Observou-se que o custo ainda se apresenta alto, porém, como aconteceu com a impressão de plástico, a evolução da tecnologia permitirá acesso a essa tecnologia.

A partir das informações obtidas na literatura sobre a aplicação da impressão 3D na cadeia produtiva, foi possível dar início ao estudo de caso buscando uma compreensão extensiva e com mais objetividade, utilizando dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar e explorar o objeto desse trabalho inseridos em seu próprio contexto. Neste sentido foram selecionados os casos relatado abaixo:

**Caso 1:** Cliente, montadora denominada “A” fabricante de veículos offroad com o objetivo de criar um diferencial para agradar seu público alvo, contratou os serviços da empresa “Alfa” para desenvolver um projeto de personalização de alguns itens de acabamento interno do seu veículo que atualmente são injetados em termoplástico. A empresa “Alfa” apresentou projetos desses itens com várias sugestões de personalização de acordo com o perfil ou os hábitos dos clientes desse modelo de veículo. A montadora iniciou o processo de cotação para o desenvolvimento dos moldes necessários para a produção desses itens, ou a adequação dos moldes existentes para atender esse novo projeto. Por se tratar de itens de baixa demanda e alta variedade, concluiu-se que os custos de investimentos em moldes tornariam o projeto inviável. A empresa “Alfa” apresentou então, uma proposta comercial para fornecimento desses itens fabricados com a tecnologia da impressão 3D que foi avaliada pela montadora. Os itens foram submetidos aos testes de acordo com suas aplicações e foram aprovados para início do seu fornecimento diretamente na linha de montagem. A fabricação do molde não foi necessária e o processo de injeção do modelo anterior foi substituído pelo processo de impressão 3D nesse projeto.

**Caso 2:** Cliente, montadora denominada “B” fabricante de veículos pesados, detectou um problema de projeto num componente, seu manuseio para executar uma manutenção era feito com dificuldade em função do seu sistema de fixação. A empresa “Alfa” foi encarregada de apresentar proposta de melhoria no componente, executou um projeto alterando o sistema de fixação para um modelo deslizante que solucionaria o problema. A montadora iniciou o processo de desenvolvimento do molde junto aos seus fornecedores, devido ao novo conceito do produto, o molde necessitaria de um sistema de extração de machos no seu conceito de fabricação que gerou um impacto significativo no custo do investimento. A empresa “Alfa” apresentou um protótipo feito na impressora 3D, após os testes executados relativos à aplicação do produto, a montadora aprovou o projeto para ser fabricado em escala pelo processo da impressão 3D, com isso, não houve necessidade de investimento no molde.

Esses estudos de caso corroboram os achados de uma grande parte dos trabalhos anteriores pesquisados na literatura com relação ao uso impressão 3D modificando os métodos convencionais da cadeia produtiva.



## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi averiguado nesse estudo, a possibilidade de imprimir moldes e suas partes alterando os métodos convencionais para um modelo híbrido. As observações das pesquisas anteriores mostraram que é possível buscar a harmonização entre as manufaturas subtrativa e aditiva, já que a impressão 3D não contempla todas as necessidades e pode atuar como uma alternativa na fabricação convencional de moldes.

Os estudos confirmam que a manufatura aditiva tem algumas limitações com relação aos materiais metálicos e custo, porém, traz muitas vantagens relacionadas à liberdade de geometria, quando comparados aos métodos convencionais da manufatura subtrativa, portanto projetos de moldes híbridos podem trazer grandes vantagens competitivas ao setor.

Este trabalho buscou contribuir para a disseminação da manufatura aditiva e sua utilização na fabricação de moldes considerando que essa tecnologia para esse fim ainda é pouco pesquisada. Entretanto ela vem apresentando avanços constantes em seu desenvolvimento e sua aplicação pode ser um fator competitivo para o setor.

Inferiu-se, que a adequação das ferramentarias é imprescindível para que estas se mantenham no mercado, tendo em vista o crescimento exponencial desta tecnologia. É possível buscar a harmonização entre as manufaturas subtrativa e aditiva, já que a impressão 3D não contempla todas as necessidades e pode agir como auxiliadora poderosa na fabricação convencional de moldes.

De acordo com os presentes resultados comparados aos estudos anteriores, demonstrou-se que se pode considerar que, em determinadas situações, a impressão 3D já substitui a produção tradicional e tem um crescimento acelerado, conforme pesquisado nos artigos científicos citados na fundamentação teórica.

A partir dos resultados alcançados no estudo de caso, foi possível considerar que a impressão em 3D vai modificar a cadeia de suprimentos convencional, isso vai significar benefícios para empresas, mas também o fim para muitos de seus fornecedores. Frente esse quesito, observou-se que os impactos nos postos de trabalho pode ser uma oportunidade de pesquisa futura.

## REFERÊNCIAS

AVIZ, A. de; GUERRA, C. A., GUERRA, T. C., **Construção De Protótipos Por Adição E Remoção De Material Comparativo Entre Deposição Em Abs X Usinagem Cnc, E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, n. esp. Metalmeccânica, p. 14-36, 2012.

FERNANDES, A. de F., *et al.* **Supply Chain e o Impacto da Impressora 3D**, São Paulo, SP, 2014.

FERREIRA, F. **Avaliação de diferentes níveis de automação de processos e abastecimento de materiais em ferramentarias e seu impacto na organização da produção e seus indicadores: Uma comparação internacional**, Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2014.

GIL, A.,C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa**, 4ª Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2002.

JUNIOR, G. B. M.; COSTA, C. A. da. **Manufatura Aditiva Aplicada Na Fabricação De Insetos Para Moldes De Injeção Termoplásticos**, Scientia Cum Indústria, V. 7, N. 2, Pp. 76 - 82, , Universidade de Caxias do Sul (UCS), RS, 2019.

KNECTHEL, M., do R. **Metodologia Da Pesquisa Em Educação:Uma Abordagem Teórico-Prática Dialogada** , 1ª Edição, Livraria Inter Saberes, Curitiba, Paraná, 2014.

PEGAS, Paulo Henrique. **Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D: Uma análise comparativa utilizando AnyLogic**. 2017. 59 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SACCHELLI, C.M. **Sistematização Do Processo De Desenvolvimento Integrado De Moldes De Injeção De Termoplásticos**, Florianópolis, Tese de Doutorado, UFSC, 2007.

SANTOS, B. *et al.* **Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades**, Revista Produção e Desenvolvimento, v.4, n.1, p.111-124,2018.

YIN, R. K. **Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos**. [s.l.] Bookman Editora, 2015.

## PROPOSAL FOR A REPLACEABLE HIGH PRECISION SERUM PERFUSION SYSTEM

*Data de aceite:* 01/10/2021

*Data de submissão:* 30/07/2021

### **Elie! Eduardo Montijo-Valenzuela**

Univrsidad Estatal de Sonora Campus  
Hermosillo – Jefatura de ingeniería  
mecatrónica.  
Hermosillo Sonora, México  
ORCID: 0000-0001-8538-0767

### **Elvis Osiel Covarrubias-Burgos**

Tecnológico Nacional de México/Instituto  
Tecnológico de Hermosillo – Departamento de  
metal-mecánica.  
Hermosillo Sonora, México  
ORCID: 0000-0003-4548-5243

### **Darío Soto-Patrón**

Tecnológico Nacional de México/Instituto  
Tecnológico de Hermosillo – Departamento de  
económico administrativo.  
Hermosillo Sonora, México

### **Esthela Fernanda Torres-Amavizca**

Tecnológico Nacional de México/Instituto  
Tecnológico de Hermosillo – Departamento de  
sistemas computacionales.  
Hermosillo Sonora, México

**RESUMO:** Neste trabalho de pesquisa é feita uma proposta de um sistema substituível de perfusão de soro de alta precisão, através da utilização de mecanismos de estrangulação de fluxo e sistemas digitais de precisão. A metodologia utilizada para realizar a análise e seleção do modelo baseia-se no programa Células

de Inovação da Confederação de Câmaras Industriais dos Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN), Na qual participa a empresa Aarson Produtos Hospitalarios e o Instituto Tecnológico de Hermosillo. Como produto final, é apresentado um conceito com características de inovação do mercado local.

**PALAVRAS - CHAVE:** Perfusão sérica, precisão, sistema substituível, células inovadoras.

### PROPOSTA DE UM SISTEMA SUBSTITUÍVEL DE PERFUSÃO DE SORO DE ALTA PRECISÃO

**ABSTRACT:** In this research work, a proposal is made for a high precision replaceable serum perfusion system, through the use of flow throttling mechanisms and precision digital systems. The methodology used to carry out the analysis and selection of the model is based on the Innovation Cells program of the Confederation of Industrial Chambers of the United Mexican States (CONCAMIN), in which the company Aarson Productos Hospitalarios and the Technological Institute of Hermosillo participate. As a final product, a concept with local market innovation characteristics is presented.

**KEYWORDS:** Serum perfusion, precision, replaceable system, innovation cells.

## 1 | INTRODUCTION

A parental route for drug administration is intravenously, through the use of needles or probes inserted into the vein, allowing quick and immediate access of the liquid to the

bloodstream (ADAM, 2021). As a background, intravenous drug delivery was discovered in the eighteenth century, as a procedure in the delivery of drugs on an experimental basis, and it was until 1656 that Christopher Wren injected wine and beer into the veins of a dog to observe its results (BALLÓN, 2016).

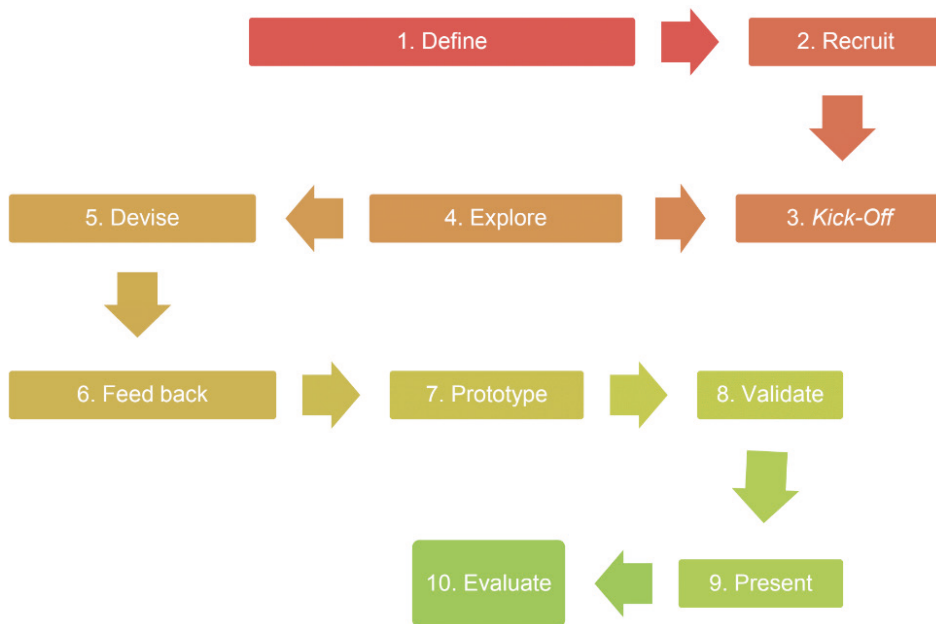
Existing methods for intravenous drug administration are usually applied in two ways, one is to introduce the drug alone or diluted directly (bolus form) through the use of syringes, and the other method is by intravenous drip, channeling a venous line, the latter is used the most, in a wide variety of cases, the infusion times must be prolonged (for example, in cases of treatments for asthmatic attacks, colic, etc.), or for more appropriate hospital referral (Dorta Bottle, 2004).

Since its discovery in the 18th century, to the present day, the state of the art in matters of intravenous drug infusion technology has gone from being purely mechanical devices, to systems with the introduction of electronic and mechatronic systems, ranging from the introduction of medication, to automated flow control for insulin injection in diabetic people (HERMOSO; BAHÍLLO, 2007), and more precision systems, for the delivery of anesthesia on the micron scale, through computer assistants (CANDÍA; RATTI, 2001), to integrated systems with smart supply pumps (BATISTON, 2018).

Although the systems and devices used in the area of medicine have the objective of improving the quality of life of patients with continuous innovations, the FDA (Food and Drug Administration) establishes that 60% of deaths and / or injuries serious in treated humans, are due to operating errors of the instruments or medications used (OLVERA, 2013). That is why the need arises to develop easy-to-use technology and interaction between the human-system-device, with a high level of precision, especially in the area of medicine.

## 2 | METHOD DESCRIPTION

For the proposal of the non-invasive glucose meter, the Innovation Cells methodology was applied, coordinated by CONCAMIN, through a structured process that allows putting into practice skills, methodologies and innovation tools in solving real problems of companies or entrepreneurs. The Innovation Cells program is shown in Figure 1 and consists of ten methodological stages (HERRERA, 2018).



**Figure 1.** Stages of the methodology used in this research.

1. Stage 1. Define: the objective of this stage is to attract innovation projects from companies and support them in clearly defining an innovation challenge and the profiles required for its development.

2. Stage 2. Recruit: attract university students with desirable profiles based on the definition of the challenge.

3. Stage 3. Kick off: program start; coexistence between student-company where work roles are discussed and known.

4. Stage 4. Explore: Teams discover, design, and implement exploration tools and techniques to generate valuable information.

5. Stage 5. Devise: teams discover, design and put into practice creativity tools and techniques to generate a large number of solution proposals to their challenge.

6. Stage 6. Feedback: event in which teams present their solution proposals to a large number of people to provide feedback and select the best solutions.

7. Stage 7. Prototyping: teams discover, design and put into practice prototyping tools and techniques to materialize and be able to show their solutions.

8. Stage 8. Validate: teams discover, design and put into practice validation and experimentation tools and techniques to evaluate the relevance of their solutions and improve them.

9. Stage 9. Final presentation: event in which the teams present the final results of the process and show their prototypes or concepts.

10. Stage 10. Evaluate: evaluation of the performance at the team level and at the individual level of all the participants. Identification of the next steps of the project.

### 3 | RESULTS

Based on the proposed methodology, the results were the following.

Stage 1. The company Aarson Productos Hospitalarios de Hermosillo Sonora, together with the Technological Institute of Hermosillo, launched the challenge of proposing a biomedical device with significant impact on the national and international market.

Stage 2. An interdisciplinary group of students from the Hermosillo Technological Institute was formed, made up of two biomedical engineering students, one mechatronics engineering student and one business management engineering student, accompanied by a teacher from the area of metal mechanics with a profile in mechatronics.

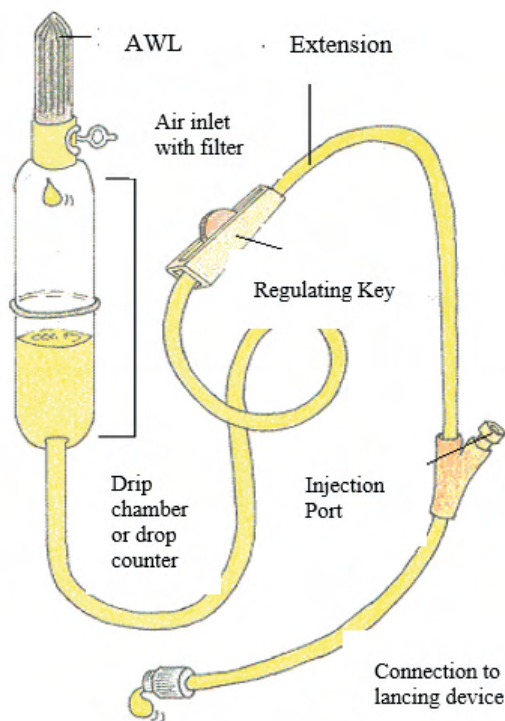
Stage 3. A visit was made to the company Aarson Hospital Products by the students and advisor, where the general aspects of the program, the scope and limitations of the proposed challenge and a global analysis of the problem were discussed.

Stage 4. The basic information collected in this stage were the following.

The parts that make up a conventional perfusion system (see figure 2) are shown in table 1.

Parte	Descripción
AWL	It is used to penetrate the material of the cap of the medicine container.
Drip chamber or drop counter	Container in which the medicine falls "drop by drop", it is used to visualize the quantity of drops that flow into the system in a unit of time.
Extension	Flexible tube that starts from the drip chamber and ends in connection at the punch.
Regulating key	Regulates the flow of perfusion.
Injection port	Through them, medicine can be injected without having to disconnect the system (only some systems have it).

**Table 1.** Description of the parts that make up a conventional perfusion system. Adapted from BOTELLA (2004).



**Figure 2.** Schematization of the parts that make up a conventional perfusion system. Source: Dorta Bottle, (2004).

A flowmeter (flow sensor) can be implemented, to measure the particles or quantity of flow that moves within a closed duct, linking the measurement in real time to a screen or indicator. The types of flowmeters according to MILLER (1996) can be speed, volume, density or mass. Commercially there are many types of flow sensors for measuring flow in a section in a given time. The position of the flowmeter would be posterior to the AWL, inside the drip chamber, in order to count in real time, the amount of medicine supplied.

In the regulating valve, a choke solenoid valve can be implemented, linked directly to the controller (a microprocessor), so that the system operator can program the exact amount of medicine to be dispensed in a specific time.

Stage 5. In this stage, three different concepts were presented as possible solutions to the problem and each of them were described. Table 2 shows the description of the chosen model.

Stage 6. The concept with the most relevant characteristics was chosen; analysis of the competition map or existing solutions (see figure 3), specification of the concept (see table 3), map of innovation opportunities (see figure 4) and design matrix (see table 4).

In the analysis of the competition map, the values obtained by potential customers

are shown, through a perception survey of the three proposed models.

It is observed that the P2 model (in blue) and the P3 model (in green), present a score of 22 in the measurable characteristics.

In the analysis of the specification of the concept in table 3, it can be seen that the P3 model has a higher score, with a total of 60, followed by the P2 model with 48 and finally the P1 model with 36 points.

Target segment	Concept details
<p>Who?: Hospitals and health centers (public and private)</p> <p>What characteristics does it have?: It is a small mechanical throttle valve, which regulates the flow rate with high precision, in such a way that an indicator (number) indicates the number of drops and total milliliters supplied to the patient. Life flows through your veins.</p> <p>Stabilize the flow of your intravenous medications with high efficiency systems and advanced technology at the best cost Value proposition statement</p>	<p>What does it contain or what is it about: A flow regulator by means of throttling</p> <p>How will it be bought or acquired?: It can be sold in pharmacies or supermarkets. Another option is online sales on request.</p> <p>How is it packed and delivered? Plastic bag individually. Cardboard box with shock absorption in batch.</p> <p>How is it used? It is placed over the flow conducting hose before reaching the catheter. A knob regulates throttling and flow. The same knob indicates quantity in drops or ML.</p>
Unique selling proposition (USP) and benefits for users	USP and customer benefits
<p>Why does the user need and will buy the product?: Unlike other regulators, this is outside the hoses, so it can be reused, other products are discarded.</p> <p>What positioning or differentiation will it have with respect to the competition?: High precision, lower price and it is not discarded.</p>	<p>Why will suppliers or partners support or sell this product?: Because it is the best option in terms of flow regulation by mechanical means.</p> <p>Why will others recommend this product?: Because it is easy to use, practical and convenient.</p> <p>What positioning or differentiation will it have with respect to the competition?: Its comfortable and easy to use. Its precise functionality and ergonomic design.</p>
Promotion, distribution and allies	Business impact
<p>Branding and promotion? You can campaign on the Internet (YouTube, Facebook and Twitter), showing the benefits of the product and user experience.</p> <p>Co-branding? Due to the design and mode of use, an alliance could be made with Apple, since its products have related concepts. It could be integrated into Apple Watch marketing in some way.</p> <p>Distribution? Collaboration for delivery? Collaboration with shipping companies, Amazon.com, MercadoLibre.com and other stores on the Web to facilitate access to the product.</p>	<p>Positioning, market share, contribution, income, profits: If the technology is patented, it will have a great competitive advantage over other products on the market. Depending on the sale price, it could have a market of up to 5% of the diabetic population (350 million people) due to the great convenience represented by the use of a product with these qualities.</p>

**Table 2.** Description of the chosen model.



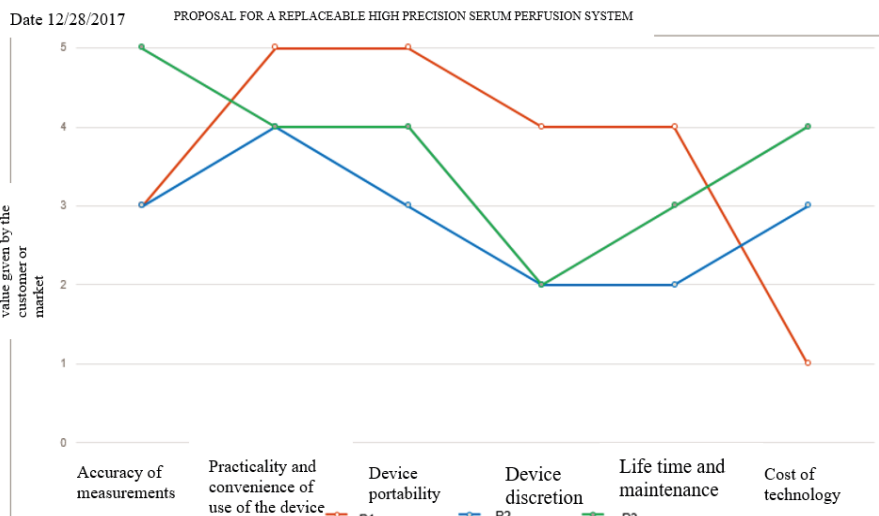


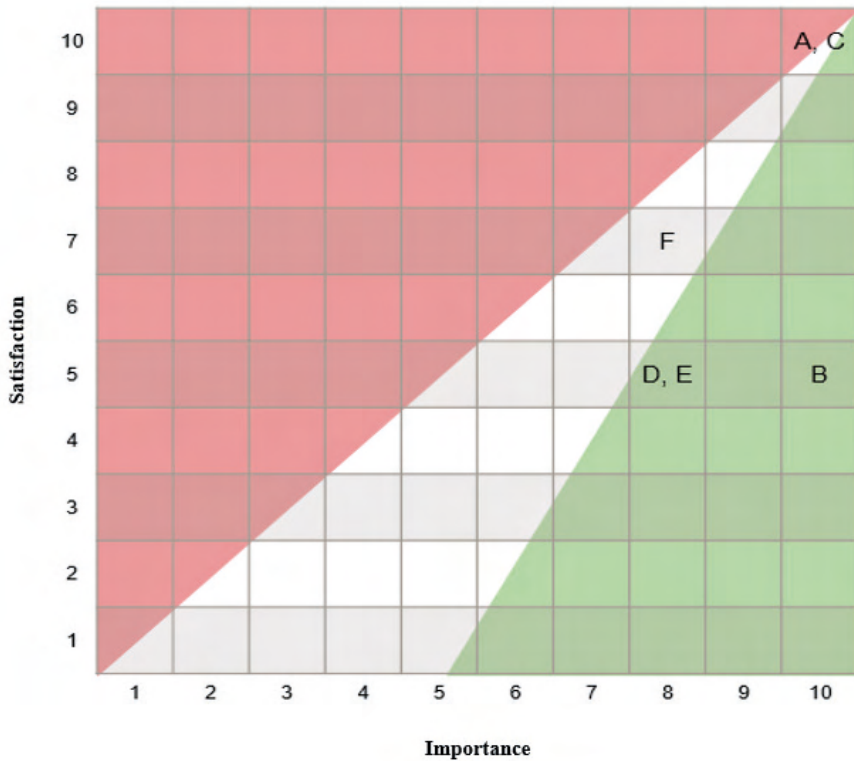
Figure 3. Map of existing competencies or solutions.

Area	Concept criteria	User or client requirements	P1	P2	P3
<b>Product reliability</b>	A. Accuracy of measurements	The highest possible precision is required for the user to make the correct decisions based on the information obtained. The FDA requires a margin of error of 1% of the true value.	9	9	9
<b>Device functionality</b>	B. Practicality and convenience of use of the device	It must be easy to use and the information must be displayed clearly and concisely. Measurements should be taken in a short time with just simple tasks. The information must be able to be digitized and displayed on a screen.	9	4	14
	C. Device portability	You need a small, lightweight, battery-operated device. That does not weigh more than a cell phone. It must fit in your pocket. It is battery operated and energized for at least 24 hours.	9	9	9
	D. Device discretion	It is important that the device is not too scandalous (in appearance and use) so that the user is not discouraged from using it in public.	7	4	10
<b>Concept feasibility</b>	E. Life time and maintenance of the device or its components	The life times and maintenance cycles compete with current glucometers (3 month calibration, life times of 2 years or more - do not take disposable items into account).	7	4	10
	F. Cost of technology	Production costs must be low so that the product is accessible to the largest possible population.	7	6	8

Table 3. Design specification.

In the diagram in Figure 4, you can see the opportunities for innovation, listed below from highest to lowest:

- B. Practicality and convenience of use of the device
- D. Device discretion
- E. Life time and maintenance of the device or its components
- F. Cost of technology
- A. Accuracy of measurements
- C. Device portability



**Figure 4.** Map of innovation opportunities. Note: Opportunity Score = Importance + (Importance - Satisfaction) / The amount in parentheses should never be zero.

Elements or variables	A	B	C	D
Measurement technology	Solenoid valves			
Physical form of the product	Cylinder	Rectangular prism		
Material	PVC	Plastic	FDA approved polymers	
Maintenance	Electronic	Electric	Mechanical	Continuous calibration
Alarms	Sonorous	Visual	Both	
Display	LCD			
Packing	Box	Plastic		
Controls	Buttons			

Table 4. Design matrix.

## 4 | CONCLUSIONS

Multidisciplinary teams of diverse engineering, in cooperation with school academy and industry, can solve problems of a great diversity of branches, for example, those belonging to the health branch, based on well-structured, proven and well-founded methodologies.

In the biomedical sector, the areas of opportunity for innovation and patenting of new products open up to a wide panorama of possibilities, with the characteristic that it is possible to work in synergy with engineers from various disciplines, who can be biomedical, mechatronic and engineering in business management (to name a few), to result in value propositions for the industry, which can later be converted into products or patents. It is proposed, in future research, to complement stages 7 and 8, to validate the proposed model.

## REFERENCES

ADAM. “**Intravenoso**”. Rockville Pike: OMS, 02 jul. 2021 Disponível em: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002383.htm>. Acesso em: 05 jul. 2021.

BALLÓN, R. **Estudio comparativo de los beneficios del catéter percutáneo en relación al uso de las bránulas en recién nacidos internados de la unidad de terapia intensiva neonatal del hospital de la mujer**. 2016. Tesis (mestrado) – Universidad Mayor de San Andrés, [Bolivia], 2016.

BATISTON, M. **O uso da bomba de infusão inteligente em pacientes hospitalizados**. 2018. Tesis (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, [Brasil], 2018.

BOTELLA, C. **Administración parenteral de medicamentos: la vía intravenosa (el goteo intravenoso)**. 1 ed., La Laguna-Mercedes: Servicio Canario de la Salud, 2004.

CANDÍA, C.; RATTI, E. Anestesia quantitativa continua asistida por computador. Evaluación de un controlador de ASA abierta, **Revista Colombiana de Anestesiología** [S. l.], v. 29, n. 1, 2001.

HERMOSO, F.; BAHÍLLO, P. Tratamiento con insulina en el niño con diabetes, antes y después de la pubertad, **Avances en diabetología** [S. l.], v. 23, n. 4, 2007.

HERRERA, M. **Informe de resultados 2016/2017. Concamin®**. 1. ed. Ciudad de México: CONCAMIN, 2018.

MILLER, R. **Flow Measurement Engineering Handbook**. 1 ed., New York: MC Graw Hill, 1996.

OLVERA, J. **Análisis de interfaz de usuario en bombas de infusión**: Un enfoque sobre usabilidad. Research Gate, jul. 2013, Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/252930878\\_Analisis\\_de\\_interfaz\\_de\\_usuario\\_en\\_bombas\\_de\\_infusion\\_Un\\_enfoque\\_sobre\\_usabilidad](https://www.researchgate.net/publication/252930878_Analisis_de_interfaz_de_usuario_en_bombas_de_infusion_Un_enfoque_sobre_usabilidad). Acesso em: 01 jul. 2021.

# CAPÍTULO 14

## UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO DE ESTOQUES: OS DESAFIOS DA GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA LOJA DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 06/09/2021

**Tainnah Penha Lopes**

ISECENSA - Institutos Superiores de Ensino do  
CENSA  
Campos dos Goytacazes - RJ  
<http://lattes.cnpq.br/4131238635932954>

**Luciano Saad Peixoto**

IFF - Instituto Federal Fluminense  
Quissamã - RJ  
<http://lattes.cnpq.br/6865383366379272>

**RESUMO:** Este trabalho é resultado de um estudo de caso feito em uma loja de material de construção no estado do RJ. Tendo como objetivo: elaborar uma proposta de mapeamento de estoque através do *software SketchUp*, visando estabelecer critérios de armazenagem para otimizar o processo de armazenamento e atendimento ao cliente. Para responder ao problema e atingir os objetivos, realizou-se como metodologia uma pesquisa: aplicada, bibliográfica, exploratória, de campo. Justifica-se a relevância do tema gestão de estoque por ser um grande desafio gerencial: estoque *versus* capital. Mostrando-se então relevante, pois impacta diretamente na rentabilidade e na competitividade empresarial; além de contribuir cientificamente com o desenvolvimento dos engenheiros de produção.

**PALAVRAS - CHAVE:** Logística; Gestão de Estoques; Mapeamento de Estoques;

Armazenagem de Materiais; Endereçamento Logístico.

### AN INVENTORY MAPPING PROPOSAL: THE CHALLENGES OF INVENTORY MANAGEMENT AT A BUILDING MATERIAL STORE

**ABSTRACT:** This work is the result of a case study carried out at a building material store in the state of RJ. Aiming: to prepare an inventory mapping proposal through the software *SketchUp*, intending to establish storage criteria to optimize the storage process and customer service. To address the problem and reach the goals, a survey was carried out as a methodology: applied, bibliographic, exploratory, field. The relevance of the inventory management is vindicated by being a major managerial challenge: inventory versus capital. It shows up then relevant, since it impacts directly on profitability and business competitiveness; in addition to scientifically contribute to the development of production engineers.

**KEYWORDS:** Logistics; Inventory Management; Inventory Mapping; Storage of Materials; Logistics Addressing.

## 1 | INTRODUÇÃO

O objetivo da logística consiste em alocar os produtos ou serviços corretos, no lugar, tempo e condições desejadas, contribuindo simultaneamente para o bom desempenho empresarial e atendimento ao cliente (BALLOU, 2012).

Administrar o estoque de maneira eficiente e eficaz é fundamental para que as empresas se mantenham competitivas, rentáveis, atendam às necessidades dos clientes e sobrevivam ao mercado; do contrário, elas podem ter diversos problemas, como: custos, armazenagem, obsolescência de itens estocados, atendimento ao cliente e na pior das hipóteses, acabam em colapso.

Dentro deste contexto, a problemática do trabalho consiste em verificar: como a utilização de critérios eficazes de gestão de estoque conseguem otimizar os processos de armazenagem e de atendimento ao cliente em uma loja de material de construção?

Justifica-se a relevância do tema gestão de estoque devido ao seu grande desafio gerencial: equilibrar a quantidade de produtos estocados para atender à demanda e reduzir os custos inerentes à armazenagem. O presente trabalho mostra-se então de grande relevância, pois é um assunto extremamente presente e desafiador em todas as empresas, que impacta diretamente nos custos e na sobrevivência empresarial no mercado altamente competitivo.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Identificar os principais problemas referentes à de gestão de estoque e aos critérios de armazenagem em uma loja de material de construção, logo após, elaborar uma proposta de mapeamento de estoques, visando otimizar os processos de armazenamento e de atendimento ao cliente.

### 2.2 Objetivos Específicos

- a) realizar estudo de caso com observação *in loco* para verificar os impactos gerados pela gestão de estoque inadequada;
- b) desenvolver uma proposta de mapeamento de estoque através de técnicas de armazenagem, *JIT*, *FIFO*, giro de estoque e posicionamento de *layout*;
- c) endereçar os itens no estoque através do método de estocagem fixa e do sistema de codificação decimal, buscando proporcionar eficácia no processo de atendimento ao cliente;
- d) utilizar o *software SketchUp* para auxiliar na elaboração da proposta de mapeamento, visando facilitar a localização dos itens armazenados.

## 3 | METODOLOGIA

A pesquisa classifica-se em aplicada: consiste na resolução de problemas, contribuindo com o desenvolvimento do conhecimento científico. Bibliográfica: elaborada com base em livros e artigos científicos. Estudo de caso: estudo extenso e detalhado de um

problema, permitindo conhecimento amplo. Exploratória: possibilita maior proximidade com o problema, envolvendo levantamento bibliográfico e entrevistas. (GIL, 2019).

Para a elaboração do estudo de caso foram feitas visitas *in loco*, realizando entrevistas a gestora a fim de levantar:

- Quais os problemas mais corriqueiros da loja relacionados à gestão de estoque?
- Quais os critérios de armazenagem utilizados para arrumar os estoques?

Para o desenvolvimento do trabalho foram executadas as seguintes etapas, conforme apresenta a figura 1:

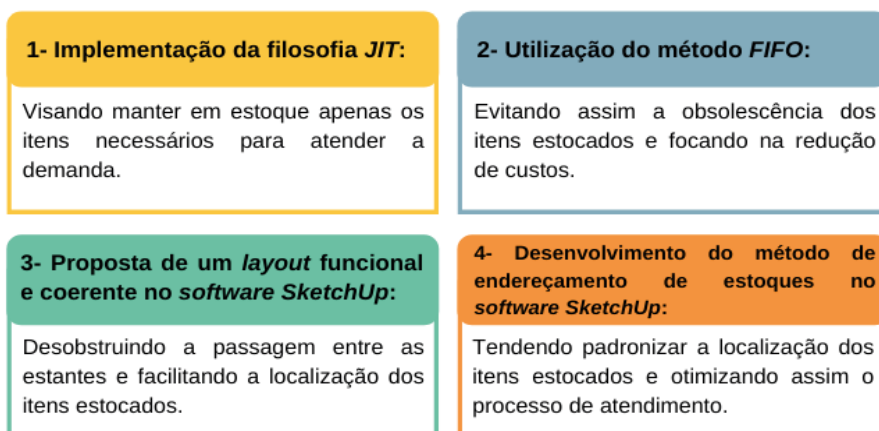


Figura 1 – Etapas de desenvolvimento do trabalho.

Fonte: Próprios autores (2021).

## 4 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Técnicas de armazenagem

Os estoques são acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação; esses acúmulos funcionam como uma arma e podem ser usados tanto para o bem quanto para o mal. Eles eram utilizados para evitar paradas do processo produtivo e eram extremamente necessários para sanar problemas (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

Portanto, a filosofia *Just In Time* busca a redução de estoques a fim de expor os problemas e eliminá-los através de esforços priorizados. A estocagem requer cautela gerencial, pois congela o capital empresarial, de 20 a 60% do ativo total. Por isso, é essencial que as empresas utilizem técnicas de gestão de estoque eficazes. (CORRÊA; CORRÊA, 2017; IZEL; GALVÃO; SANTIAGO, 2015).

A filosofia *Just In Time* é apresentada pela figura 2 abaixo.

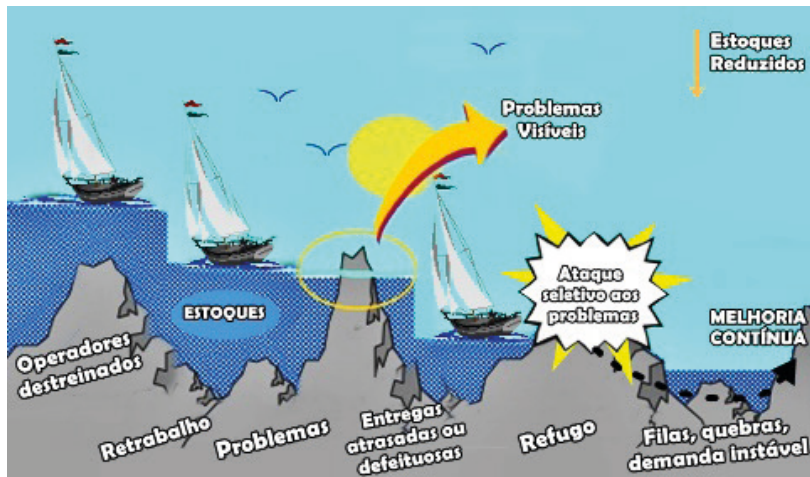


Figura 2 – Redução dos estoques para exposição dos problemas.

Fonte: Próprios autores, adaptado de (CORRÊA; CORRÊA, 2017; MEDEIROS, 2013).

O papel fundamental da gestão de estoques trata-se da maximização do uso dos recursos compreendidos na área da logística empresarial, impactando significativamente os estoques. (POZO, 2016).

A retirada de matérias-primas e produtos acabados deve ser feita obedecendo aos critérios do método *FIFO*, *First In, First Out*, o qual determina que o primeiro a entrar é o primeiro a sair. Possibilitando assim, uma gestão de estoque eficaz, evitando a obsolescência dos produtos que acabam lesando diversos fatores da empresa: armazenagem, custos, vantagem competitiva e atendimento ao cliente. (PAOLESCHI, 2019; SILVA; MAIA; BORGES, 2013).

O giro de estoque equivale a quantidade de vezes em que a estocagem de certo item renova-se em um intervalo de tempo. [...] Quanto mais elevada é a rotatividade dos produtos, maior também é a rentabilidade (PAOLESCHI, 2019; SANTOS *et al.*, 2017).

## 4.2 Mapeamento dos Itens Estocados

O *layout* é o agrupamento da movimentação de materiais, da operação, dos instrumentos de circulação, de modo a conferirem elevada produtividade humana, para que haja máxima economia e rendimento do armazenamento de certos produtos. Diversas vezes, ele costuma ser planejado pelo método intuitivo, que proporciona diretrizes úteis e dispensa o uso de matemática de alto nível (BALLOU, 2006; DIAS, 2019).

O método intuitivo possui quatro critérios, conforme o quadro 1.



<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
<b>Complementaridade</b>	Os itens que são geralmente encomendados juntos devem permanecer próximos uns dos outros. Exemplo: tintas e pincéis; lâmina de barbear e espuma.
<b>Compatibilidade</b>	Inclui questões como a localização de determinados itens próximos uns dos outros de maneira prática. Exemplo: Alimentos e gasolina não possuem qualquer afinidade.
<b>Popularidade</b>	Considera que itens com maior demanda terão taxas de giro maiores, logo, deve-se alocar os itens de maior demanda em locais mais acessíveis.
<b>Tamanho</b>	Consiste em localizar os produtos menores mais próximos às saídas ou áreas de expedição. No entanto, este método só seria uma boa alternativa caso o giro estivesse concentrado nos itens de menor porte.

Quadro 1 – Critérios intuitivos para o posicionamento de *layout*.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de Ballou (2006).

O planejamento e o funcionamento de um depósito decorrem do *mix* de mercadorias. [...] As mercadorias de grande volume devem ficar posicionadas de modo que a distância entre as movimentações seja minimizada, também necessitam ser situadas preferencialmente nos locais mais acessíveis, diminuindo assim o manuseio interno no armazém e a obrigação do uso de equipamentos (BOWERSOX *et al.*, 2014).

Segundo Ballou (2012) existem dois critérios de localização de material, conforme apresenta a figura 3:

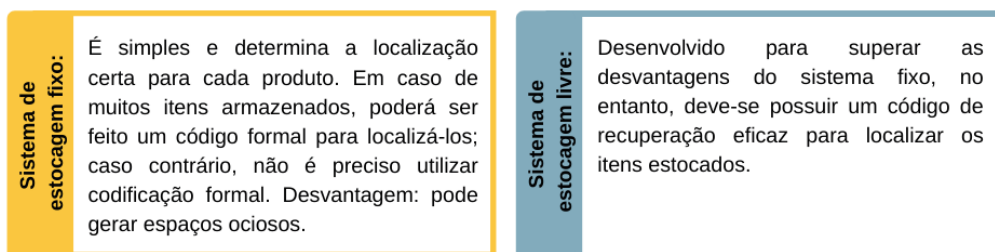


Figura 3 – critérios de localização de material.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de Ballou (2012).

Um adequado endereçamento logístico permite a fácil localização por qualquer pessoa que entrar no estoque, podendo contribuir integralmente na otimização do desempenho e produtividade empresarial, cooperando assim, para uma gestão de estoque eficaz (BRAGA *et al.*, 2021; MACHADO 2015).

A figura 4 ilustra a localização de um item no modelo de endereçamento logístico pelo sistema de codificação decimal.



Figura 4 – Modelo de endereçamento logístico pelo sistema decimal.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de Alves Neto (2013).

Conforme Dias (2019) dentre os critérios de localização de material, o sistema de codificação decimal é o mais utilizado pelas empresas, devido à sua simplicidade, possibilidade de itens em estoque e informações incomensuráveis. Para fazer a referência a qualquer material, basta informar os números das três classificações que obedecem à seguinte ordem:

- a) número da classificação geral;
- b) número da classificação individualizadora;
- c) número da classificação definidora.

O quadro 2 conceitua o método de endereçamento de estoques conforme Alves Neto (2013).

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
Área	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É o local de armazenagem dos itens estocados;</li> <li>• Busca-se possibilitar o crescimento do armazém;</li> <li>• Utilizam-se códigos para as distintas áreas de armazenagem, como estruturas porta-palete, área de blocado interna e externa, assim por diante.</li> </ul>
Corredor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste nas ruas do centro de distribuição e cada uma delas têm dois lados;</li> <li>• Precisa-se de um único número, possibilitando identificá-lo dentro daquela área;</li> <li>• Nas estruturas porta-palete devem ser identificados os números dos corredores e não cada lado da estrutura individualmente.</li> </ul>
Módulo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São nomeados também como coluna ou prédios;</li> <li>• A identificação dos módulos do lado esquerdo do corredor deve ser feita com numeração ímpar e a lado direito com numeração par;</li> <li>• Iniciar a numeração sempre pelo lado das docas.</li> </ul>
Nível	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corresponde aos andares de um módulo/prédio;</li> <li>• Iniciar apontando o número 01 para o nível mais baixo;</li> <li>• Permanecer de modo crescente até o nível mais alto.</li> </ul>
Vão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste no espaço em cada nível de um módulo, é repartido em posições de armazenagem;</li> <li>• Um vão equivale a um apartamento de um andar em um prédio da rua;</li> <li>• Ordenar os números para cada posição de forma ascendente, a começar por 01 da esquerda para a direita.</li> </ul>

Quadro 2 – Método de endereçamento de estoques.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de Alves Neto (2013).

A classificação do método de endereçamento de estoques é ilustrada pela figura 5.

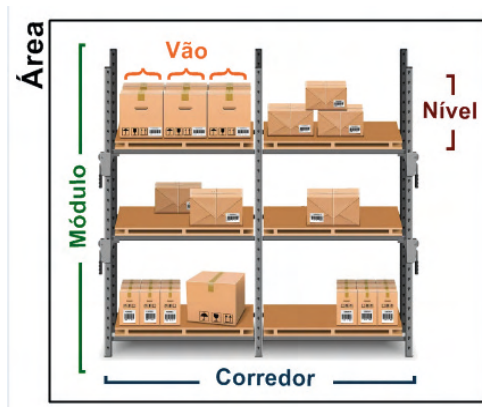


Figura 5 – Classificação dos componentes do endereçamento.

Fonte: Próprios autores, adaptado de Machado (2015).

## 5 | ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma loja de material de construção, na cidade de São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro. Trata-se de uma pequena empresa familiar, que atua no mercado há pelo menos vinte anos. O estabelecimento conta com: a gestora e mais três funcionários, possuindo três estoques, conforme apresentados pelas figuras 6, 7 e 8 a seguir.



Figura 6 – Estoque de louças.

Fonte: Pesquisa de campo (2018).



Figura 7 – Estoquinho.

Fonte: Pesquisa de campo (2018).



Figura 8 – Estoque geral.

Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Nas entrevistas realizadas durante visitas *in loco*, foram levantados os seguintes problemas inerentes à gestão de estoque, conforme figura 9:

**Problemas de gestão de estoque:**

- Dificuldade de organização e localização dos itens estocados;
- Lentidão no processo de atendimento ao cliente;
- Mau aproveitamento do arranjo físico;
- Ausência de endereçamento de produtos;
- Excesso de itens armazenados;
- Pedidos urgentes ao fornecedor.

Figura 9 – Problemas de gestão de estoque.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de pesquisa de campo (2018).

Segundo as informações levantadas durante as entrevistas, não foram estabelecidos critérios ou estudos específicos para definir o posicionamento do *layout* e a localização dos itens estocados. Estes apenas foram armazenados pelos funcionários em conjunto com a gerente, da forma que melhor lhes atendesse. O quadro 3 apresenta a armazenagem dos itens estocados.

<b>Estoques</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Localização</b>	<b>Armazenagem</b>	<b>Descrição</b>
<b>Estoque de Louças</b>	15,50m <sup>2</sup> x10,60m <sup>2</sup>	2º Piso, na frente da loja, próximo ao local de carga e descarga de materiais.	Materiais pesados, maiores e que não estragam em áreas semiabertas.	Possui os seus vãos abertos e a localização dos itens é de fácil acesso.
<b>Estoquinho</b>	2,10m <sup>2</sup> x3,00m <sup>2</sup>	1º Piso, no interior da loja, próximo ao balcão de atendimento.	Itens mais leves e menores.	O local é fechado, a localização dos itens é bem complicada.
<b>Estoque Geral</b>	3,10m <sup>2</sup> x 6,60m <sup>2</sup>	2º Piso, nos fundos da loja, próximo ao local de carga e descarga de materiais.	Diversas famílias de produtos, os quais podem se deteriorar quando estocados em local aberto.	Local fechado, de difícil acesso, a localização dos itens é a mais difícil.

Quadro 3 – Método de armazenagem dos itens estocados.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de pesquisa de campo (2018).

A partir dos dados obtidos desenvolveu-se a proposta de mapeamento de estoques, buscando minimizar ou solucionar os referidos problemas.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicando-se os critérios do método de endereçamento de estoques (quadro 2), os corredores, números no chão, possuem numeração única dentro da área localizada. As colunas, identificadas pelas bandeiras, foram posicionadas à esquerda dos corredores com numeração ímpar e à direita com numeração par. Além disso, posicionou-se os vãos, também os números dos paletes, sendo estes enumerados do menor nível para o maior e começando pelo lado esquerdo.

Na proposta apresentada no *SketchUp*, os corredores estão com seus números no chão, apenas para permitir sua visualização, mas sugere-se aplicá-los como placas penduradas no teto, evitando seu desgaste com o decorrer do tempo. Os três estoques foram tratados como áreas 1, 2 e 3, respeitando os critérios do sistema de codificação decimal.

A figura 10 apresenta a proposta de mapeamento de estoque da área 1.

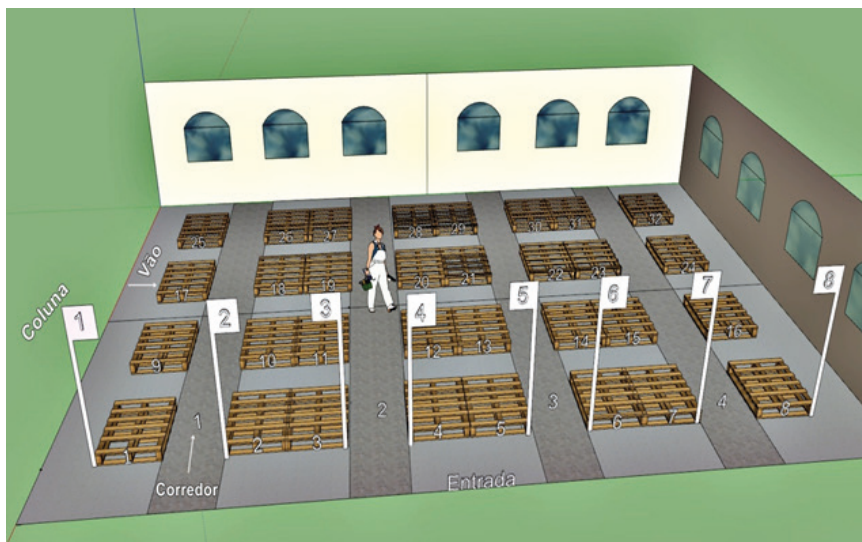


Figura 10 – Proposta de mapeamento de estoque da área 1 (estoque de louças).

Fonte: Próprios autores (2018).

O mapeamento dos itens estocados na área 1 é descrito a seguir pelo quadro 4, apresentando espaços vazios para armazenagens futuras.



**Descrição do endereçamento de materiais: área 1**

		Colunas							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Vãos</b>	1- Gabinetes;	2- Vaso comum;	3- Vaso comum;	4- Carrinho de mão;	5- Carrinho de mão;	6- Escada;	7- Escada;	8-	
	9- Gabinetes;	10- Vaso com caixa acoplada;	11- Vaso com caixa acoplada;	12- Carrinho de mão;	13- Carrinho de mão;	14- Filetes;	15- Filetes;	16-	
	17-Armário para banheiro;	18-Lavatório com coluna;	19- Lavatório com coluna;	20- Mangueiras;	21- Mangueiras;	22-Gregas;	23- Gregas;	24-	
	25- Armário para banheiro;	26- Cubas;	27- Cubas;	28- Mangueiras;	29- Mangueiras;	30- Gregas;	31- Gregas.	32-	

Quadro 4 – Mapeamento dos itens estocados na área 1.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de pesquisa de campo (2018).

A figura 11 apresenta os dados do endereçamento logístico da área 1.



Figura 11 – Endereçamento logístico da área 1.

Fonte: Próprios autores (2018).

Nesta área utilizou-se paletes para armazenar os produtos, evitando que estes fiquem no chão e causem danos. Para os critérios de armazenagem dos materiais mais pesados e grandes, Bowersox *et al.* (2014) recomenda que sejam posicionados próximos à saída, evitando a utilização de equipamentos e reduzindo a movimentação desnecessária no armazém. Utilizou-se também o método *FIFO*, visando reduzir e até mesmo eliminar os problemas referentes à obsolescência dos produtos, permitindo: boa visualização dos itens em estoque, endereçamento de materiais e a otimização do processo de atendimento.

Seguindo o mesmo roteiro, a figura 12 apresenta a proposta de mapeamento de estoque da área 2.

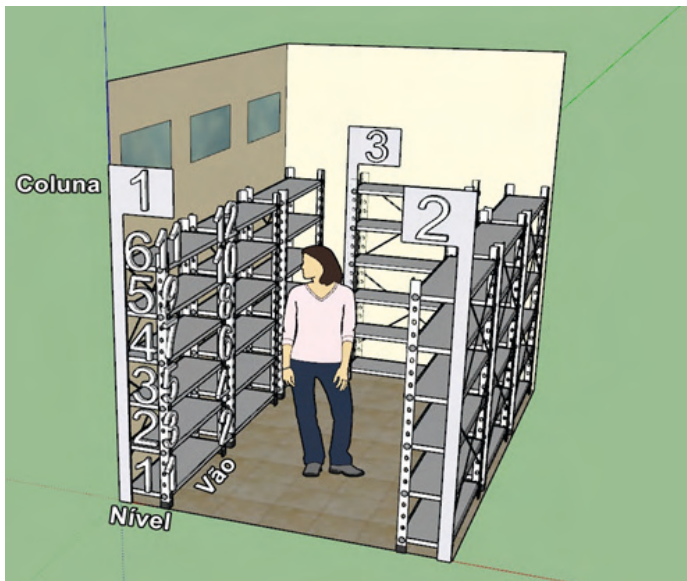


Figura 12 – Proposta de mapeamento de estoque da área 2 (estoquinho).

Fonte: Próprios autores (2018).

O mapeamento dos itens estocados na área 2 é descrito a seguir pelo quadro 5, apresentando espaços vazios para armazenagens futuras.

Descrição do endereçamento de materiais: área 2			
Colunas			
	1	2	3
Vãos	1 ao 12 Conexões pequenas;	37 ao 48 Material para calha;	67 ao 72 Lixas;
	13 ao 24 Conexões pequenas;	49 ao 54 Caixa para embalar produtos;	68 ao 82 Local disponível para armazenagens futuras.
	25 a 30 Material soldável;	55 ao 60 Materiais roscáveis;	
	31 ao 36 Local disponível para armazenagens futuras;	61 ao 66 Local disponível para armazenagens futuras;	

Quadro 5 – Mapeamento dos itens estocados na área 2.

Fonte: Próprios autores, elaborado a partir de pesquisa de campo (2018).

A figura 13 apresenta os dados do endereçamento logístico da área 2.





Figura 13 – Endereçamento logístico da área 2.

Fonte: Próprios autores (2018).

Neste local armazenam-se produtos de alto giro e que são pequenos, agilizando o processo de atendimento. Devido ao excesso da obsolescência de produtos, focou-se nos itens mais rotativos, recomendando à gestora a verificação daqueles em desuso, a fim de liberar espaço no estoque e reduzir os custos de armazenagem.

A figura 14 apresenta a proposta de mapeamento de estoque da área 3.

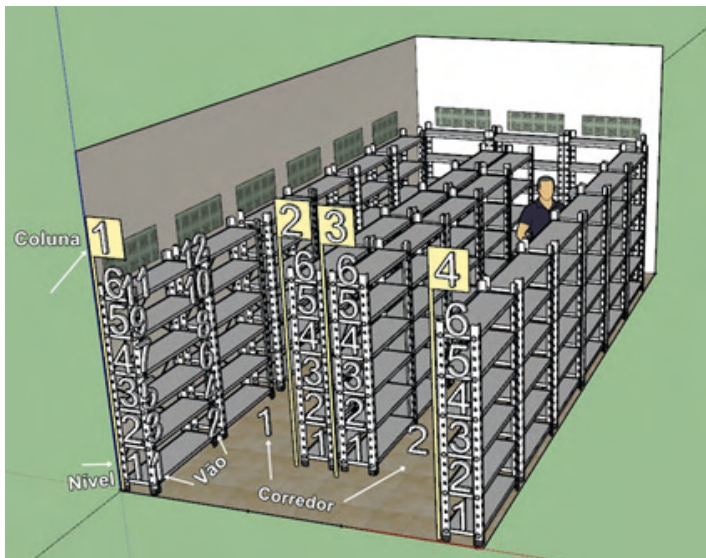


Figura 14 – Proposta de mapeamento de estoque da área 3 (estoque geral)

Fonte: Próprios autores (2018).

O mapeamento dos itens estocados na área 3 é descrito a seguir pelo quadro 6.

Descrição do endereçamento de materiais: área 3			
Colunas			
Vãos	1	2 e 3	4
	1 ao 6 trincos;	86 ao 134 conexões;	207 a 218 parafusos;
	7 ao 12 dobradiças;	135 ao 158 EPI;	219 ao 242 fechaduras;
	13 ao 18 parafusos;	159 ao 206 material de piscina.	243 ao 254 ferramentas em geral;
	19 ao 24 puxador de armário;		255 ao 266 arame queimado;
	25 ao 30 buchas;		267 ao 278 itens de banheiro;
	31 ao 36 ganchos de rede;		279 ao 300 itens de banheiro.
	37 ao 48 pregos;		
	49 ao 73 material elétrico;		
	74 ao 85 material hidráulico.		

Quadro 6 – Mapeamento dos itens estocados: área 3.

Fonte: Próprios autores (2018).

A figura 15 apresenta os dados do endereçamento logístico da área 3.



Figura 15 – Endereçamento logístico da área 3.

Fonte: Próprios autores (2018).

Nesta área utilizou-se técnicas de posicionamentos de *layout* propostos por Ballou (2006) no quadro 1, respeitando a complementaridade, compatibilidade, popularidade e tamanho. Recomendando à gestora a verificação da obsolescência dos produtos para liberação de espaço.

## 7 | CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram alcançados, pois permitiu-se elaborar uma proposta de mapeamento de estoques para aplicação das técnicas de armazenagem, o que traz uma série de benefícios:

- a) gestão de estoque eficaz, melhorando o relacionamento com fornecedores,

funcionários e clientes;

- b) organização e localização dos itens armazenados;
- c) redução da obsolescência e excesso dos itens estocados;
- d) diminuição dos custos de armazenagem.

Conclui-se que a gestão de estoques continua sendo um dos maiores desafios gerenciais. Portanto, é essencial aplicar técnicas adequadas às particularidades da empresa, garantindo a rentabilidade e sucesso empresarial.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, R. **Logística empresarial**: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2012.

BOWERSOX, D. *et al.* **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BRAGA, R. M. *et al.* Armazenagem competitiva, a lógica do almoxarifado sem perdas. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 9, n.15, p. 92-106, dez. 2021.

CORRÊA, H.; CORRÊA, C. **Administração de produção e operações - manufatura e serviços**: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2017.

DIAS, M. A. **A administração de materiais**: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2019.

IZEL, P.; GALVÃO, A.; SANTIAGO, S. **Gestão de estoque**: estudo de caso em uma distribuidora de lubrificantes em Manaus. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 35., 2015, Fortaleza. **Anais**. Ceará, 2015.

MACHADO, R. **O poder do endereçamento logístico**. Blog Bluesoft. Disponível em: <<https://blog.bluesoft.com.br/2015/04/enderecamento-logistico>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

MEDEIROS, E. **Tecnologia em gestão da produção**. Disponível em <<http://slideplayer.com.br/slide/294789/>>. Acesso em: 31 ago. 2021

PAOLESCHI, B. **Almoxarifado e gestão de estoques**. São Paulo: Érica, 2019.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 2016.

SANTOS, J. S. *et al.* **Aplicação de métodos de controle de estoque no varejo supermercadista**. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE - SIMPROD, 9., 2017, Sergipe. **Anais**. Sergipe, 2017.

SILVA, Y.; MAIA, R.; BORGES, F. **A importância do planejamento do layout na gestão de materiais:** um estudo de caso em uma multinacional produtora de artigos esportivos. *ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, ANAIS de SALVADOR de 2013: BAHIA, 2013. 18p.

VIANA, J. J. **Administração de materiais:** um enfoque prático. São Paulo: Atlas, 2010.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE** - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. É membro do NDE (Núcleo Docente Estruturante) e coordenador de estágio do curso de Engenharia de Transportes da FCT/UFG. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Atualização de matriz de insumo-producto 117

Aquicultura 86, 87, 88, 96, 97, 98, 105

Armazenagem de Materiais 162

Assignment 5, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

Automação 86, 88, 96, 97, 98, 106, 150

Automóveis 39, 40, 44, 45, 46, 48

### C

Cartas de controle 96, 99, 101, 102, 103, 104, 106

CO<sub>2</sub> 4, 20, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51

Concentrador de canal parabólico 53, 55

CTE 71, 72, 74, 80, 83, 84, 85

Cuello de botella 107, 109, 112

### D

Doenças epidemiológicas 27, 33, 36, 37

Dosador 5, 86, 96, 98, 99, 104, 105

### E

Emissões 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 178

Endereçamento Logístico 162, 166, 167, 172, 173, 175, 176

Energía Solar 53, 54, 55

### F

Ferramentas da Qualidade 13, 14, 15, 17, 25, 26

Flujo de calor perdido 53, 58, 59, 60

### G

Gestão de Estoques 6, 162, 165, 176

Gestão Financeira 3, 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11

Grupo de Melhoria de Resultados 13, 20

### I

Impressão 3D 6, 138, 139, 140, 141, 142, 145

Innovation Cells 152

## **L**

Limitaciones 107, 108, 112, 116, 125, 126

Logística 31, 36, 162, 165, 176

## **M**

Manufatura aditiva 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 150

Mapeamento de Estoques 6, 162, 163, 170, 175

Meio ambiente 2, 15, 27, 29, 30, 32, 34, 36

Método RAS básico 127

Metrôs 4, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Mezcla de productos 107, 110, 112, 113, 115

Modelo de insumo-producto 117

Movie 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

## **O**

Ônibus 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 178

Optimization 63, 64, 69, 72

Organizações Sem Fins Lucrativos 1, 2, 4, 11

## **P**

PDCA 13, 14, 17, 20, 24, 25, 26

Pneus 4, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38

Precision 6, 75, 97, 152, 153, 157, 158

Produção de molde para injeção de termoplásticos 138

## **R**

Reciclabilidade 27

Recursos con capacidad restringida 107, 112, 115

Replaceable System 152

## **S**

Saúde pública 27, 30

Self-Study 71, 72

Serum perfusion 6, 152

Software 71, 72, 73, 74, 75, 91, 96, 97, 99, 162, 163

Steal Structures 72

## T

Teaching 5, 71, 72, 73, 84, 85

Teoría de restricciones 5, 107, 108, 109, 112

Terceiro Setor 4, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12



# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 2



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)