A close-up photograph of a white industrial robotic arm with a blue cable, positioned over a workbench. On the workbench, there is a red cylindrical object. The background is a bright, slightly blurred industrial setting.

**JAQUELINE FONSECA RODRIGUES  
(ORGANIZADORA)**

**ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO: VETOR  
DE TRANSFORMAÇÃO  
DO BRASIL**

**Atena**  
Editora

Ano 2019

**Jaqueline Fonseca Rodrigues**

(Organizadora)

# Engenharia de Produção: Vetor de Transformação do Brasil

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	Engenharia de produção [recurso eletrônico] : vetor de transformação do Brasil / Organizadora Jaqueline Fonseca Rodrigues. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-611-9 DOI 10.22533/at.ed.119190409  1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Gestão de qualidade. I. Rodrigues, Jaqueline Fonseca.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Antes de efetuar a apresentação do volume em questão, deve-se considerar que a **Engenharia de Produção** se dedica à concepção, melhoria e implementação de sistemas que envolvem pessoas, materiais, informações, equipamentos, energia e maiores conhecimentos e habilidades dentro de uma linha de produção.

O primeiro volume, com 18 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados aos processos de **Engenharia de Produção**, além das áreas de **Eficiência Energética**; **Sistema de Gestão da Qualidade**; **Gestão de Projetos**; **Ergonomia** e tomada de decisão através de pesquisa operacional.

Tanto a Engenharia de Produção, como as pesquisas correlatas mostram a evolução das ferramentas aplicadas no contexto acadêmico e empresarial. Algumas delas, provenientes de estudos científicos, baseiam os processos de tomadas de decisão e gestão estratégica dos recursos utilizados na produção.

Além disso, os estudos científicos sobre o desenvolvimento acadêmico em **Engenharia de Produção** mostram novos direcionamentos para os estudantes, quanto à sua formação e inserção no mercado de trabalho.

Diante dos contextos apresentados, o objetivo deste livro é a condensação de extraordinários estudos envolvendo a sociedade e o setor produtivo de forma conjunta através de ferramentas que transformam a **Engenharia de Produção**, o **Vetor de Transformação do Brasil**.

A seleção efetuada inclui as mais diversas regiões do país e aborda tanto questões de regionalidade quanto fatores de desigualdade promovidas pelo setor produtivo.

Deve-se destacar que os locais escolhidos para as pesquisas apresentadas, são os mais abrangentes, o que promove um olhar diferenciado na ótica da Transformação brasileira relacionada à Engenharia de Produção, ampliando os conhecimentos acerca dos temas abordados.

Finalmente, esta coletânea visa colaborar ilimitadamente com os estudos empresariais, sociais e científicos, referentes ao já destacado acima.

Não resta dúvidas que o leitor terá em mãos extraordinários referenciais para pesquisas, estudos e identificação de cenários produtivos através de autores de renome na área científica, que podem contribuir com o tema.

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

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

**Boa leitura!!!!**

Jaqueline Fonseca Rodrigues

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A QUALIDADE NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS EM UMA COOPERATIVA DE CRÉDITO E A OTIMIZAÇÃO DE SUA MENSURAÇÃO	
Murilo Sagrillo Pereira Wagner Pietrobelli Bueno Leoni Pentiado Godoy Adriano Mendonça Souza Mateus Freitas Ferreira Taís Pentiado Godoy	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>18</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DO SERVIÇO DE LAVA-CAR EM UM POSTO DE COMBUSTÍVEIS	
Jairine Polyana Gaioski Andreza Rodrigues Costa Eloise Gonçalves Shih Yung Chin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>50</b>
ANÁLISE SIMPLIFICADA SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ROTOMOLDAGEM, BASEADA NA ISO 50.001	
Silvio Cesar Ferreira da Rosa André Luiz Emmel Silva Jorge André Ribas Moraes Ítalo Rosa Policena Cassio Denis de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>63</b>
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA CAPDO PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGENS EM UMA FÁBRICA DE BEBIDA	
Daécio Lima Batista Gilson Freire Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>71</b>
APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE UM ESTACIONAMENTO DE UNIVERSIDADE PÚBLICA	
Shih Yung Chin Gabriel Santos Munhoz Nathália de Paiva Cristo Leite Araújo Nathana Caroline Donini Cezario	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904095</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>84</b>
APLICAÇÃO DO <i>TRAVELLING SALESMAN PROBLEM</i> NA ROTEIRIZAÇÃO DAS VIATURAS DA MARINHA DO BRASIL: UMA ABORDAGEM DA TEORIA DOS GRAFOS	
Luiz Rodrigues Junior Marcos dos Santos Marcone Freitas dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904096</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>94</b>
ARIMA NA PREVISÃO DO PREÇO DO AÇO NO RIO GRANDE DO SUL	
Patricia Cristiane da Cunha Xavier Leonam Vieira Hemann Adriano Mendonça Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904097</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>106</b>
AUTOAVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE PLÁSTICOS	
Edimary Santana Cabral Carvalho Bento Francisco dos Santos Júnior Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Alcides Anastácio Araújo Filho Antonio Vieira Matos Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904098</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>119</b>
AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO SETOR DE PLANEJAMENTO DA EMPRESA MF TECNOLOGIA PREDIAL	
Antonio Vieira Matos Neto Bento Francisco dos Santos Júnior Alcides Anastácio Araújo Filho Adriele Santos Souza Fabiane Santos Serpa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1191904099</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>133</b>
SIMULACIÓN DE LOS MODOS DE FRECUENCIAS FUNDAMENTALES EN UN MODELO SECCIONAL REDUCIDO DE TABLERO PUENTE PARA ENSAYOS EN TÚNEL DE VIENTO	
Jorge Omar Marighetti Beatriz Angela Iturri Maximiliano Gomez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040910</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 147**

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DAS DESPESAS E CUSTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE VENDAS

Iraiane Pimentel dos Reis Passos  
Bento Francisco dos Santos Júnior  
Adriele Santos Souza  
Alcides Anastácio Araújo Filho  
Antonio Vieira Matos Neto

**DOI 10.22533/at.ed.11919040911**

**CAPÍTULO 12 ..... 160**

LEVANTAMENTO MANUAL DE CARGAS E CRITÉRIOS ERGONÔMICOS NA PALETIZAÇÃO DE GARRAFAS DE ÁGUA

Amanda Ebert Bobsin  
Natália Eloísa Sander  
Vitória Pereira Pinto  
Fernando Gonçalves Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.11919040912**

**CAPÍTULO 13 ..... 173**

O USO DO GEOGEBRA NO CURSO DA ENGENHARIA: UM ESTUDO DE CASO FEITO COM ALUNOS DO 1º PERÍODO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Jonas da Conceição Ricardo  
Ricardo Marinho dos Santos  
Leonardo de Araújo Casanova  
Marcus Vinicius Silva de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.11919040913**

**CAPÍTULO 14 ..... 183**

O USO SIMULAÇÃO PARA A TOMADA DE DECISÃO EM AMBIENTES DE ATENDIMENTO AOS USUÁRIOS DE INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Leonard Barreto Moreira  
Fábio Freitas da Silva  
Andressa da Silva Duarte Silva  
João Lucas Olímpio da Silva  
Annabell Del Real Tamariz  
Aílton da Silva Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.11919040914**

**CAPÍTULO 15 ..... 194**

ORGANIZAÇÃO METROLÓGICA DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOTIVO

Júlia Ferreira Dantas  
Bento Francisco dos Santos Júnior  
Cariosvaldo Alves

**DOI 10.22533/at.ed.11919040915**

<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>208</b>
RELAÇÃO DOS GASTOS DO GOVERNO EM ASSISTÊNCIA SOCIAL COM AS VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS BRASILEIRAS PELA ANÁLISE FATORIAL	
Viviane de Senna Adriano Mendonça Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040916</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>222</b>
UMA VISÃO TÉCNICA SOBRE A MAIOR COZINHA <i>FAST FOOD</i> DO MUNDO: MCDONALD'S	
Dayse Mendes Douglas Soares Agostinho Élcio Nascimento da Silva Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer Julio César Shoenemann Varella Maise Rodrigues Pereira Murilo Henrique de Lima Gouvea Paulo Sérgio Campos Renan Weiber de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>238</b>
UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE NCSS (NUMBER CRUNCHER STATISTICAL SYSTEM)</i> NA VERIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS DA ECONOMIA BRASILEIRA	
Elpidio Oscar Benitez Nara José Carlos Kasburg João Victor Kothe João Carlos Furtado Jacques Nelson Corleta Schreiber Leonel Pablo Tedesco Jones Luís Schaefer Ismael Cristofer Baierle	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>254</b>
AVALIAÇÃO DOS RELATÓRIOS DE NÃO CONFORMIDADES DE UM ABATEDOURO DE AVES UTILIZANDO O CICLO PDCA	
Mario Fernando de Mello Cristina Pasqualli Eudes Vinicius dos Santos Marcos Morgental Falkembach	
<b>DOI 10.22533/at.ed.11919040919</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>266</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>267</b>

## ANÁLISE SIMPLIFICADA SOBRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ROTOMOLDAGEM, BASEADA NA ISO 50.001

### **Silvio Cesar Ferreira da Rosa**

Universidade de Santa Cruz do Sul, Depart. Eng.,  
Arquit. e Ciênc. Agrárias  
Santa Cruz do Sul - RS

### **André Luiz Emmel Silva**

Universidade de Santa Cruz do Sul, Depart. Eng.,  
Arquit. e Ciênc. Agrárias  
Santa Cruz do Sul - RS

### **Jorge André Ribas Moraes**

Universidade de Santa Cruz do Sul, Depart. Eng.,  
Arquit. e Ciênc. Agrárias  
Santa Cruz do Sul - RS

### **Ítalo Rosa Policena**

Universidade de Santa Cruz do Sul, Depart. Eng.,  
Arquit. e Ciênc. Agrárias  
Santa Cruz do Sul - RS

### **Cassio Denis de Oliveira**

Universidade de Santa Cruz do Sul, Depart. Eng.,  
Arquit. e Ciênc. Agrárias  
Santa Cruz do Sul - RS

**RESUMO:** A gestão de sistemas de energia demanda uma grande preocupação. No Brasil, a NBR ISO 50001 veio para auxiliar as organizações, pois fornece uma base sobre a qual, estas organizações podem desenvolver suas gestões de forma estruturada. Este trabalho buscou analisar um equipamento rotomoldador de forma simplificada e identificar de forma quantitativa a sua maior fonte consumidora

de energia, além de fornecer um modelo básico, através da sua metodologia, de como se fazer uma coleta de dados para medição e análise de eficiência energética. Os resultados demonstraram que o consumo de gás GLP deve ser a primeira fonte de consumo de energia a ser atacada com ações de melhoria contínua e a que deve ter a maior influência no indicador de desempenho energético (IDE).

**PALAVRAS-CHAVE:** ISO 50001. Rotomoldagem. Eficiência Energética.

**ABSTRACT:** The management of energy systems demands great concern. In Brazil, NBR ISO 50001 came to assist organizations, as it provides a basis on which these organizations can develop their management in a structured way. This work aimed at analyzing a rotational molding equipment in a simplified way and quantitatively identifying its major energy source, as well as providing a basic model, through its methodology, of how to make a data collection for measurement and analysis of energy efficiency. The results showed that the consumption of LPG gas should be the first source of energy consumption to be attacked with continuous improvement actions and that should have the greatest influence on the energy performance indicator (EnPI).

**KEYWORDS:** ISO 50001. Rotational molding. Energy Efficiency.

## 1 | INTRODUÇÃO

A gestão de energia tem sido fonte de preocupação para muitas organizações e países. Prova deste fato foi a publicação de normativas voltadas especificamente para o sistema de gestão de energia. Atualmente, o modelo de produção e consumo de energia é atendido, em maior parte, por fontes fósseis, gerando emissões de poluentes como os gases de efeito estufa, que expõem o planeta ao risco (DIAS *et al.*, 2014). Embora alguns países tenham desenvolvido políticas há vários anos e agora operam programas maduros, outros estão nos estágios iniciais do desenvolvimento do programa (MCKANE *et al.*, 2017). No Brasil, a norma NBR ISO 50001:2011 foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 15 de Junho de 2011. Segundo Soares (2015), esta norma estabelece preceitos para orientar as organizações na implementação de sistemas e processos visando à melhora do desempenho energético, o uso e consumo racional da energia e engloba de forma geral a eficiência energética. A ISO 50001 fornece uma boa base para melhorar o gerenciamento de energia em indústrias que possuem processos bem definidos e estruturados (JOVANOVIĆ & FILIPOVIĆ, 2016). Assim como grande parte das normas ISO, baseia-se na abordagem do PCDA estipulando deste modo que o propósito fundamental da melhoria contínua esteja evidenciado.

A ISO 50001 pode ser aplicada em qualquer setor e fornece às organizações uma estrutura internacionalmente aceita para: melhorar sua compreensão sobre o uso e o consumo de energia atual, identificar oportunidades de eficiência energética, fornecer um contexto de negócios para decisões de implementação e avaliar resultados pós-implementação (MCKANE *et al.*, 2017). O uso eficiente da energia contribui para a diminuição da contaminação ambiental, além de estar ligado à sustentabilidade social. Na indústria, questões estruturais, tecnológicas, de formação de pessoal, de estruturação de processos, ou outras de conservação de energia podem estar ligadas à obtenção desta economia energética requerida (RAMÍREZ & PALAU, 2006). A melhoria da eficiência energética repercute positivamente na otimização e desenvolvimento da indústria (LIN & ZHANG, 2017; WANG, SHI & ZHANG, 2017), este que é considerado o setor de uso de energia mais alto em escala global (HE, LIAO & ZHOU, 2018). Estudos indicam que a implementação de programas de eficiência energética podem reduzir o consumo de 16% a 40% (THOLLANDER *et al.*, 2007), comprovando que a preservação dos recursos naturais é possível e está relacionada aos desenvolvimentos tecnológicos (AMADO, MEZA & SAUER, 2017). As questões ambientais, quando incorporadas na estrutura da empresa, tornaram-se fatores propulsores para as estratégias de crescimento, podendo resultar em novas oportunidades e vantagem competitiva (ZANATTA, 2017).

Dentro de um contexto mais amplo, estudos energéticos vêm sendo feitos e coeficientes energéticos relatados e discutidos, como os estudos de Camioto, Rebelatto e Rocha (2016). Estes estudos colocam o Brasil no topo de uma lista no

conjunto dos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) com os melhores índices de desenvolvimento em eficiência energética. Porém, em processos produtivos como a rotomoldagem, essa eficiência não ocorre.

Basicamente, a rotomoldagem é um processo muito simples, onde o polímero em forma de pó é transformado em produto sem a aplicação de pressão, com aquecimento indireto e com rotação biaxial (CRAWFORD & KEARNS, 2003). Durante a moldagem, o estado físico do polímero muda de sólido para líquido e de líquido para sólido (HAMIDI *et al.*, 2016). A cinemática do molde e a troca de energia do polímero com seus arredores são os principais aspectos do processo (LIM & IANAKIEV, 2006). Este processo é normalmente usado para a fabricação de peças ocas, sem linha de solda (CISNEROS-LOPEZ *et al.*, 2016; NGUYEN *et al.*, 2017).), atende requisitos de muitos setores, como automotivo, engenharia civil, esporte e lazer (Hafsaoui, BENZIANE & TCHARKHTCHI, 2013). O material mais utilizado no processo é o polietileno (PE), e nesta classe se destaca o Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELDB) (GRECO, MAFFEZZOLI & FORLEO, 2014; NARA *et al.*, 2015). A popularidade do polietileno baseia-se na sua boa resistência aos altos tempos e altas temperaturas de processamento e seu baixo custo (HANANA & RODRIGUE, 2015).

As principais vantagens da rotomoldagem são a produção de peças ocas sem linhas de solda com baixas tensões residuais (VAZQUEZ-FLETES *et al.*, 2016), o valor dos materiais desperdiçados é baixo, sendo que o excesso de material pode ser reutilizado (HAMIDI *et al.*, 2015), e o baixo custo do ferramental aliado a possibilidade de confecção do maquinário de forma artesanal (ROSA *et al.*, 2015). Já as desvantagens relacionam-se aos tempos de ciclo longos (HAFSAOUI, BENZIANE & TCHARKHTCHI, 2013), baixa eficiência energética (aquecimento e resfriamento) e a presença de bolhas de ar que conduzem a propriedades mecânicas mais baixas (VAZQUEZ-FLETES *et al.*, 2016). A qualidade constante nas peças técnicas requer o domínio do processo, controlando na linha os principais fenômenos físicos (PEROT, LAMNAWAR & MAAZOUZ, 2008).

A partir do momento que se procura fazer uma correlação direta entre um equipamento rotomoldador e o seu consumo de energia, encontra-se de uma forma mais genérica dois tipos principais de energia: Energia elétrica, responsável pela força motriz; e Energia calorífica à base de GLP ou gás natural, responsável pelo aquecimento do forno.

Neste cenário, pegando-se um equipamento rotomoldador qualquer e, tomando-se por base a ISO 50001:2011 em conjunto com a NBR ISO 50002:2014 procurou-se verificar qual o consumo de energia mais significativo neste equipamento, para posterior avaliação de melhoria contínua e também para a proposição de um Indicador de Desempenho Energético (IDE). Objetiva-se nesta pesquisa demonstrar um modelo simplificado de medição energética aplicada ao processo de rotomoldagem e também mostrar qual a energia que mais impacta no processo.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é de natureza aplicada, com uma abordagem quantitativa, de objetivos exploratórios e explicativos e com procedimentos experimentais. Aplicado, pois foi motivado pela necessidade de resolver problemas concretos, imediatos ou não, o que mostra sua finalidade prática (VERGARA, 2015). A metodologia utilizada foi a análise simplificada de uma máquina básica para uma indústria rotomoldadora, a identificação dos equipamentos que mais consomem energia, medição dos valores de referência, cálculos de consumo e por último a comparação destes consumos entre si, tanto em unidades energéticas, quanto em unidades financeiras.

Desse modo, as etapas da metodologia podem ser estruturadas da seguinte forma: (i) Identificação das formas de energia; (ii) Identificação dos fornecedores; (iii) Identificação dos equipamentos consumidores de energia; (iv) Identificação dos tempos de consumo de energia; (v) Identificação dos consumos; (vi) Análises dos dados coletados; (vii) Proposição do Indicador de Desempenho Energético; (viii) Sugestões de melhorias no ciclo PDCA. Os valores financeiros consultados tem como base o mês de maio de 2017.

## 3 | RESULTADOS

A *Ferry Industries*, uma das principais fabricantes de equipamentos rotomoldadores no mundo, mostra em seu site uma divisão básica do processo nos equipamentos rotomoldadores. Esta divisão é feita em quatro estágios: (i) Alimentação/Descarga; (ii) Forno; (iii) Pré-resfriamento; e (iv) Resfriamento. Segundo o site da *Ferry Industries* (<http://www.ferryindustries.com/RotoSpeed/RotomoldingProcess>), para cada tipo de molde, espessura variável de parede, pode existir um tipo de equipamento adequado. Assim procurou-se um tipo de equipamento que atenda a um produto mais genérico. A Figura 1 demonstra o desenho de uma máquina rotomoldadora com a identificação de cada estágio de operação.

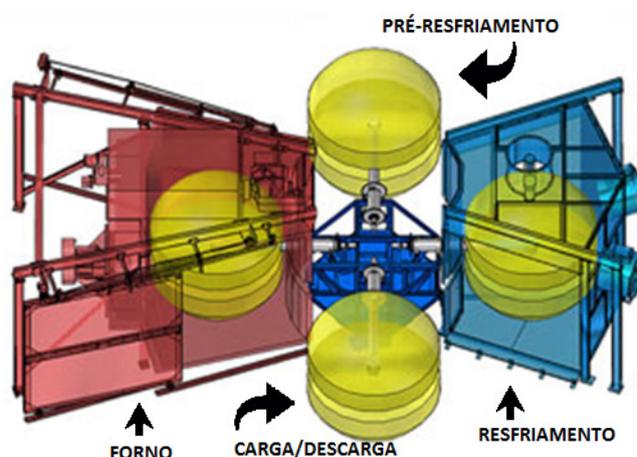


Figura 1 – Estágios do processo de rotomoldagem na máquina de rotomoldagem

Fonte: Adaptado de *Ferry Industries* (2017)

Sabendo-se que este equipamento possui duas fontes de energia: Elétrica e GLP, procurou-se dados sobre as mesmas. A Tabela 1 mostra a conversão energética a partir de um kg de GLP.

	<b>Óleo Diesel</b>	<b>Carvão</b>	<b>Lenha</b>	<b>Energia Elétrica</b>	<b>Gás de Rua (Nafta)</b>	<b>Gás Natural</b>
1 kg de GLP corresponde a	1,13 kg	2,30 kg	3,96 kg	13,37 kW/h	2,74 m <sup>3</sup>	1,22 m <sup>3</sup>

Tabela 1 – Conversão Energética

Fonte: Servgás ([S.d.])

Dependendo do consumo individual de cada organização por dia (em metros cúbicos) será cobrado um valor financeiro pelo metro cúbico. No Rio Grande do Sul a Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul (Sulgás) oferece gás para as indústrias do estado do Rio Grande do Sul conforme a Tabela 2.

<b>Volume consumido m<sup>3</sup>/dia</b>	<b>(R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>R\$/MMBtu</b>
0 a 150	1,8734	50,22
151 a 300	1,3079	35,06
301 a 500	1,2544	33,63
501 a 1.500	1,2166	32,61
1.501 a 5.000	1,2063	32,34
...	...	...
500.001 a 1.000.000	1,0077	27,01

Tabela 2 – Tabela de preços industrial Sulgás

Fonte: Sulgás (2017)

Já o fornecimento de energia elétrica local é fornecido pela Rio Grande Energia S.A. – RGE. Esta empresa tem informado no site da sua mantenedora CPFL Empresas um valor de R\$ 54,30 para o MWh no grupo A3 (69 kV) em Tarifa Azul, fora de Ponta. A divisão por grupos é relativa à tensão entregue pela concessionária de energia elétrica à empresa. O grupo A3 tem uma tensão de 69.000 volts. Caso a empresa utilize mais do que esta tensão, precisará se adequar à outro grupo. Os valores mostrados na tabela 1 e tabela 2 referem-se aos mês de maio de 2017.

Ao estudar-se a máquina rotomoldadora, percebeu-se que ela é um somatório de vários outros equipamentos consumidores de energia. Assim, listaram-se os equipamentos encontrados e, fez-se a sua medição de consumo de energia. Como equipamento padrão, pegou-se uma máquina fornecida pela Rotoline com dimensional descrito na Tabela 3. Neste ponto faz-se uma ressalva que, por opção interna, foram medidos e comparados apenas os ventiladores, exaustores e queimadores do equipamento. Ficaram de fora, os mecanismo de movimentação e controle da máquina.

Modelo da Máquina	Altura	Comprimento	Largura	Ø ext. Fluxo dos Spiders	Ø Forno
CR 2.60	3,9 m	13,6 m	9,44 m	9,44 m	2,7 m

Tabela 3 - Especificações dimensionais básicas para o modelo apresentado na Figura 1

Fonte: Adaptação de Rotoline (2016)

Perante este cenário, na máquina analisada observa-se a pré-divisão de forno, pré-resfriamento e resfriamento conforme a Figura 1, já apresentada anteriormente. Forno: 01 Ventilador de Recirculação VC500; 01 Ventilador de Exaustão VE500-A; e 01 Queimador Weishaupt WM-G(L)30/3-A. O queimador neste caso é um equipamento que recebe o gás GLP vindo de uma rede e comanda a queima deste gás dentro do forno com a finalidade de aquecer o ambiente. Este ambiente aquecido rapidamente, em intervalos normalmente inferiores à 5 minutos, e com variações de temperaturas iniciais e finais entre 80 e 350°C, faz o polímero fundir no interior do molde já que toda a massa dentro do forno está igualmente aquecida. Pré-Resfriamento: 02 Ventiladores de Exaustão VR105EX. Resfriamento: 01 Ventilador de Exaustão VR105EX; e 03 Ventiladores VR80.

Como tempo médio de funcionamento foi utilizado um valor 12 horas por dia; em dois turnos de 06 horas cada, sendo que nestas 12 horas são feitos 13 ciclos de produção de 50 minutos cada, em um total de 650 minutos. Os outros 70 minutos por dia são contados como aquecimento de máquina, encerramento e limpeza de processo final por dia.

Como os ciclos são contínuos em um equipamento tipo carrossel, já que existem apenas intervalos entre a saída de um carro e a chegada de outro carro, são apenas estes intervalos que estes equipamentos consumidores de energia ficam desligados. De uma forma geral pode-se assumir que, como se tem 04 estágios: forno, pré-resfriamento, resfriamento e carga/descarga; em uma máquina com 04 carros, têm-se um tempo máximo de um minuto de equipamentos desligados em virtude da movimentação dos carros, abertura e fechamento das portas do forno. Isto faz o tempo de ciclo de 50 minutos, consumir energia nos equipamentos mencionados por 46 minutos e, representa um total por dia, em 13 ciclos, de 598 minutos ou aproximadamente 10 horas; sem contar o aquecimento e o setup diário do equipamento. Com estes dados em mãos, chegou-se às seguintes equações:

- Ventilador de recirculação VC 500, conforme Tabela 4.

$$7,5 \text{ hp} \times 10 \text{ h} \times 0,7457 = 55,9275 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 1})$$

MODELO	COD. RO	MODELO MÁQUINA	A	B	C	POTÊNCIA MOTOR 50/60HZ
VC350	024755	DC 1.50	700mm 27,56in	700mm 27,56in	840mm 33,1in	3,0 HP
VC500	024756	DC 2.50 / DC 3.00 CR 2.00 / CR 2.60 TNC30	905mm 35,63in	950mm 37,4in	930mm 36,6in	7,5 HP
VC800	024757	DC 3.50 / DC 4.00 CR 3.10 / CR 3.60	1200mm 47,2in	1200mm 47,2in	1330mm 52,4in	~ 15/20 HP

Tabela 4 – Dados técnicos dos ventiladores de recirculação modelos VC

Fonte: Rotoline (2016)

- Ventilador Exaustor VE 500, conforme Tabela 5.

$$4,0 \text{ hp} \times 10 \text{ h} \times 0,7457 = 29,828 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 2})$$

MODELO	COD. RO	MODELO MÁQUINA	A	B	C	D	E	DESLOCAMENTO MÉDIO DE AR	POTÊNCIA MOTOR 50/60HZ
VE300	024555	DC 1.50 / DC 2.50 DC 3.00 / CR 2.00 CR 2.60	485mm 19,1in	645mm 25,4in	620mm 24,4in	170mm 6,6in	135mm 5,25in	55 m <sup>3</sup> /min	2,0 HP
VE500	024561	DC 3.50 / DC 4.00 CR 3.10 / CR 3.60 TNC 30	805mm 31,7in	825mm 32,5in	990mm 38,8in	280mm 11,02in	220mm 8,6in	130 m <sup>3</sup> /min	4,0 HP
VE500-A	024634	DC 4.50 / DC 5.00 CR 4.60 / CR 5.20 CR 5.20ES	815mm 32,1in	825mm 32,5in	990mm 39in	430mm 16,9in	220mm 8,6in	220 m <sup>3</sup> /min	5,0 HP

Tabela 5 – Dados técnicos do ventilador de exaustão do forno modelo VE

Fonte: Rotoline (2016)

- Queimador Weishaupt conforme Tabela 6.

$$14 \text{ kW} \times 10 \text{ h} = 140 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 3})$$

Queimador a gás		WM-G30/1-A	WM-G30/2-A	WM-G30/3-A
Motor do queimador	modelo Weishaupt	WM-D 132/170-2/7K5	WM-D 132/210-2/10K0	WM-D 132/210-2/14K0
Potência nominal	kW	7,5	10	14
Corrente nominal	A	15	22	28
Disjuntor-motor <sup>1)</sup> ou fusível prévio <sup>1)</sup>	modelo (p.ex.) A mínima	PKE32/XTU-32 25A gG/T (externo)	PKE32/XTU-32 35A gG/T (externo)	PKE32/XTU-32 50A gG/T (externo)
Rotação (50 Hz)	1/min	2940	2940	2920
Gerenciador de combustão	modelo	W-FM 50	W-FM 50	W-FM 50
Supervisão de chama	modelo	ION	ION	ION
Servomotor ar / gás	modelo	STE50	STE50	STE50
Classe NO, conforme EN 676 ZM/ZM-LN		2 / 3	2 / 3	2 / 3
Peso (sem componentes de gás)	kg	aprox. 159	aprox. 164	aprox. 179

Tabela 6 – Ficha técnica dos queimadores modelo WM

Fonte: Max Weishaupt GMBH (2017).

Para a estimativa de GLP utilizou-se a afirmativa de Andrade (2006), quando o autor cita que o ideal é aproximadamente 150 gr de GLP por kg de PE transformado. Coloca-se nesta simulação que este processo transforma 30 kg por *spider*, 60 kg por braço, 240 kg por ciclo, 3.120 kg por dia de PE por dia. Assim, este processo deverá consumir aproximadamente 468 kg de GLP. Conforme já mencionado na tabela 1, um kg de GLP equivale à 13,37 kW/h, assim tem-se:

- Queimador Weishaupt, parte do GLP.

$$48 \text{ kg GLP} \times 13,37 \text{ kW} = 6257,16 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 4})$$

- VR 105 EX x 2 conforme Tabela 7.

$$7,5 \text{ hp} \times 10 \text{ h} \times 2 \times 0,7457 = 111,855 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 5})$$

COD. RO	MODELO MÁQUINO	A	B	C	DESLOCAMENTO MÉDIO DE AR	POTÊNCIA MOTOR 50/60HZ
024291	CR 3.10/ CR 3.60 CR 4.60/ CR 5.0 CR 5.20ES	∅ 1050mm ∅ 41,3in	800mm 31,5in	1425mm 56,1in	770 m³/min	7,5 HP

Tabela 7 – Ficha técnica do exaustor modelo VR105EX

Fonte: Rotoline (2016)

- Ventilador VR80 x 3 + VR 105 EX conforme Tabela 8.

$$(2,0 \text{ hp} \times 3 \text{ un} + 7,5) \times 10 \times 0,7457 = 100,6695 \text{ kWh/dia} \quad (\text{Eq. 6})$$

COD. RO	A	B	DESLOCAMENTO MÉDIO DE AR	POTÊNCIA MOTOR 50/60HZ
014827	∅800mm ∅31,4in	525mm 20,7in	435 m³/min	2,0 HP
CONSUMO DE ÁGUA ASPERSOR	CONSUMO DE AR ASPERSOR	PRESSÃO DE ÁGUA ASPERSOR	PRESSÃO DE AR ASPERSOR	PESO
1 ~ 1,6 L/min	30 ~ 70 L/min	3 (M.C.A) mínima	80 ~ 100 PSI	80Kg 176Lb(US)

Tabela 8 – Ficha técnica do ventilador VR80

Fonte: Rotoline (2016)

## 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Partindo-se do somatório das equações 1, 2, 3, 5 e 6 têm-se um valor total de 438,28 kWh/dia. Já somente o resultado da equação 4 que é o consumo de GLP convertido para kWh/dia corresponde a 6.257,16 kWh/dia, ou seja, mais de 14 vezes o valor nominal da energia elétrica estudada.

Conforme a Tabela 1, um kg de GLP equivale à 1,22 m<sup>3</sup> de gás natural, logo:

- Conversão de kg de GLP para m<sup>3</sup> de Gás natural.

$$468 \times 1,22 = 570,96 \text{ m}^3 \text{ de gás por dia} \quad (\text{Eq. 7})$$

Este resultado (570,96 m<sup>3</sup>), multiplicado por R\$ 1,2166 conforme a Tabela 2 mostrará um gasto financeiro por dia de R\$ 695,00 aproximadamente. Já para a energia elétrica teremos um gasto aproximado de R\$ 24,00 se levarmos em consideração o valor de R\$ 54,30 para o MWh no grupo A3 (69 kV) em Tarifa Azul, fora de Ponta. A Figura 2 agrupa estes resultados e apresenta em forma gráfica esta diferença de consumos energéticos.

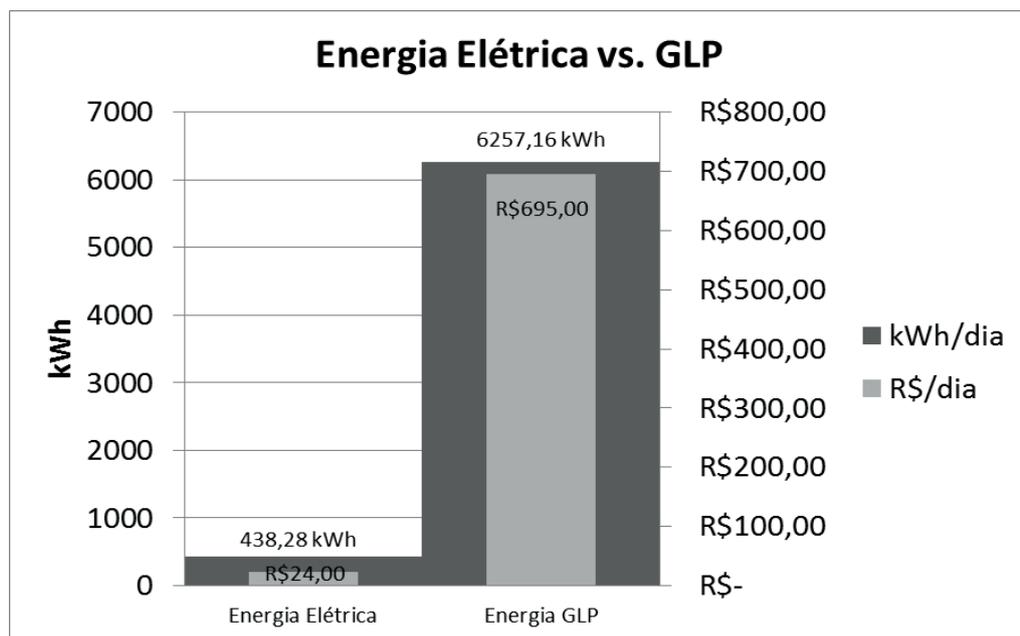


Figura 2 – Gráfico comparativo entre consumos de Energia Elétrica e GLP

Fonte: Autor

A NBR ISO 50001 pede que se tenha um IDE, que este indicador seja monitorado e que seja aplicado o processo de melhoria continua sobre o mesmo. Assim, sobre o resultado deste processo de análise teórica fica evidenciado que IDE para o processo de rotomoldagem deve contemplar, de forma conjunta, a energia elétrica e a energia calorífica (GLP). Mas a calorífica deve ter um peso maior neste indicador. Sugere-se

desta forma um indicador simples onde a energia gasta seja o somatório entre Energia Elétrica e GLP, sendo que, o GLP tenha um percentual proporcional ao avaliado anteriormente. A Equação 8 baseia-se em um exemplo de 20% de Energia Elétrica + 80% de GLP.

$$IDE_{exemplo} = \frac{\text{Energia gasta} \frac{kWh}{\text{período}} = (\text{Elétrica} \times 0,2) + (\text{GLP} \times 0,8)}{\text{Volume de polímero transformado} \frac{Kg}{\text{período}}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em afirmação oportuna, Andrade (2006) diz que o custo do gás equivale à aproximadamente 40% do custo do polietileno (PE) transformado. Observa-se nesta afirmação que, o custo mencionado envolve muitos outros fatores além dos aqui discutidos e, mesmo assim, o percentual é alto. Já no estudo da melhoria contínua sobre o sistema de gerenciamento da energia calorífica, poder-se-ia sugerir análises sobre:

- Sistemas de vedação dos fornos;
- Tempos de ciclo;
- Velocidades de recirculação do ar dentro do forno;
- Tempo de rampa de aquecimento do forno;
- Limpeza dos moldes;
- Quantidade de material auxiliar de sustentação dos moldes;
- Limpeza dos bicos dos queimadores;
- Eficiência das misturas de gases no queimador;

Ferramentas da qualidade como Ishikawa, GUT, 6W2H e outras, aplicadas de forma eficiente em um sistema de melhoria contínua podem fazer com que os 150 gr de GLP/kg de PE transformado citados por Andrade (2006) sejam reduzidos para 100 gr de GLP/kg de PE. Valores experimentais em laboratórios com consumo menores que 100 gr de GLP/kg de PE transformado já foram obtidos conforme pode ser comprovado no experimento de Ghosh (2004).

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A rotomoldagem dificilmente se tornará um processo competitivo contra a injeção de polímeros e até mesmo o sopro, mas tem um mercado amplo, tecnologia e muitas possibilidades de inovação ainda pela frente. O consumo de energia elétrica vem sendo monitorado há algum tempo pelas agências governamentais, através de programas de incentivos como “www.troqueseumotor.com.br”. Já o consumo de GLP tem um valor estratégico na rotomoldagem e merece ação rápida e eficiente para diminuir o seu

impacto no custo do produto.

Alguns locais são abastecidos por dutos de gás natural, sendo que este combustível é o melhor para a rotomoldagem, também em função do seu impacto ambiental minorado e também pelo grau de “limpeza”, comparado com o GLP. Mas a outra parcela dos rotomoldadores abastecidos pelo GLP tem que lidar desde a “sujeira” do combustível, até mesmo a variação de calor entregue pelo combustível, presente em diversos fornecedores, em função da variação de Propano e Butano que a legislação permite.

Manter um controle sobre o consumo e consequente gasto de GLP, ou gás natural, do equipamento rotomoldador é de fundamental importância para a saúde financeira do processo. Com certeza estas ações terão um retorno financeiro de médio prazo se forem bem planejadas e executadas.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, N. B.; MEZA, C. G.; SAUER, I. L. **Testing Alternative Models in Sustainability Economics: Baumol versus Georgescu-Roegen**. *Desenvolvimento Meio Ambiente*, v. 42, p. 1-19, 2017. doi: 10.5380/dma.v42i0.48764
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 50001**: Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2011, i, 24p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 50002**: Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2014, i, 30p.
- ANDRADE, C. Produção e Eficiência. In: **Anais da Conferência da Divisão Latino-Americana da Association of Rotational Molders International**, São Paulo - SP, 2006.
- CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. **Energy efficiency analysis of BRICS countries: a study using Data Envelopment Analysis**. *Gestão & Produção*, v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016. doi:10.1590/0104-530X1567-13
- CISNEROS-LOPEZ, E. O.; PEREZ-FONSECA, A. A.; FUENTES-TALAVERA, F. J.; ANZALDO, J.; GONZALEZ-NUNEZ, R.; RODRIGUE, D.; ROBLEDO-ORTIZ, J. R. **Rotomolded polyethylene-agave fiber composites: Effect of fiber surface treatment on the mechanical properties**. *Polymer Engineering and Science*, v. 56, n. 8, p. 856-865, 2016. doi:10.1002/pen.24314
- CRAWFORD, R. J.; KEARNS, M. P. **Practical Guide to Rotational Moulding**. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, SY4 4NR, UK: RAPRA, 2003.
- DIAS, R. S.; SILVA, A. C. C.; FRACARO, C.; BLEY JUNIOR, C. J. **Utilização de ferramentas livres para gestão territorial do nexo água e energia**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 30, p. 109-126, 2014, doi:10.5380/dma.v30i0.34198
- FERRYINDUSTRIES. **RotoSpeed - Fixed-ARM Turret Machines**. Disponível em: <<http://www.ferryindustries.com/RotoSpeed/FixedArmTurretMachines.cshhtml>>. Acesso em: 22 abr 2017.
- GHOSH, K. **Thermal models and energy saving strategies for rotational molding operations**. Master of Science in Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, USA, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1853/5031>>. Acesso em: 25 abr 2017.
- GRECO, A.; MAFFEZZOLI, A.; FORLEO, S. **Sintering of PLLA powders for rotational molding**.

HAFSAOUI, S. L.; BENZIANE, M.; TCHARKHTCHI, A. **Thermal transfer simulation regarding the rotational moulding of polyamide 11**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 112, n. 1, p. 285-292, 2013. doi:10.1007/s10973-012-2806-4

HAMIDI, A.; FARZANEH, S.; NONY, F.; ORTEGA, Z.; KHELLADI, S.; MONZON, M.; BAKIR, F.; TCHARKHTCHI, A. **Modelling of sintering during rotational moulding of the thermoplastic polymers**. International Journal of Material Forming, v. 9, n. 4, p. 519-530, 2016. doi:10.1007/s12289-015-1239-6

HAMIDI, A.; KHELLADI, S.; ILLOUL, L.; SHIRINBAYAN, M.; BAKIR, F.; TCHARKHTCHI, A. **Modelling surface tension with smoothed particle hydrodynamics in reactive rotational moulding**. Computers & Fluids, v. 118, p. 191-203, 2015. doi:10.1016/j.compfluid.2015.06.019

HANANA, F. E.; RODRIGUE, D. **Rotational molding of polymer composites reinforced with natural fibers: this review article reveals some efforts towards making rotomoldings tougher and more sustainable**. Plastics Engineering, v. 71, n. 7, p. 28-31, 2015.

HE, Y.; LIAO, N.; ZHOU, Y. **Analysis on provincial industrial energy efficiency and its influencing factors in China based on DEA-RS-FANN**. Energy, v. 142, p. 79-89, 2018. doi:10.1016/j.energy.2017.10.011

JOVANOVIĆ, B.; FILIPOVIĆ, J. **ISO 50001 standard-based energy management maturity model – proposal and validation in industry**. Journal of Cleaner Production, v. 112, n. 4, p. 2744-2755, 2016. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.023

LIM, K. K.; IANAKIEV, A. **Modeling of rotational molding process: multi-layer slip-flow model, phase-change, and warpage**. Polymer Engineering and Science, v. 46, n. 7, p. 960-969, 2006. doi:10.1002/pen.20481

LIN, B.; ZHANG, G. **Energy efficiency of Chinese service sector and its regional differences**. Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 614-625, 2017. doi:10.1016/j.jclepro.2017.09.020

MCKANE, A.; *et al.* **Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation**. Energy Policy, v. 107, p. 278-288, 2017. doi:10.1016/j.enpol.2017.04.049

MAX WEISHAUP T GMBH. **Queimadores a gás, a óleo e duais - Weishaupt**. Disponível em: <<http://www.weishaupt.com.br/produtos/brenner>>. Acesso em: 21 maio 2017.

NARA, E. O. B.; GERHARD, G.; SEHN, K. T.; MORAES, J. A. R.; SILVA, A. L. E. **Application of the methodology of cleaner production in a rotational molding process as a sustainable tool applied to job safety**. Exacta – EP, v. 13, n.1, p. 269-278, 2015. doi:10.5585/ExactaEP.v13n1.5368

NGUYEN, H. T.; COSSON, B.; LACRAMPE, M. F.; DO, T. A. **Numerical simulation of reactive polymer flow during rotational molding using smoothed particle hydrodynamics method and experimental verification**. International Journal of Material Forming, p. 1-10, 2017. doi:10.1007/s12289-017-1367-2

PEROT, E.; LAMNAWAR, K.; MAAZOUZ, A. **Optimization and modelling of rotational molding process**. International Journal of Material Forming, v. 1, n.1, p. 783-786, 2008. doi:10.1007/s12289-008-0292-9

RAMÍREZ, S. M.; PALAU, I. G. **La gestión energética. Una herramienta indispensable en la gestión empresarial**. Folletos Gerenciales, v. 10, n.6, 2006.

ROSA, S. C. F.; MORAES, J. A. R.; RODRIGUEZ, A. L.; SILVA, A. L. E.; MACHADO, E. L.; KIST, L. T.;

BURIN, H. P. **Alternative use of polyethylene arising from recycling cooperatives**. Espacios, v. 36, n. 20, p. 20-32, 2015. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a15v36n20/15362020.html>

ROTOLINE. **Rotoline Máquinas de Rotomoldagem, Moinhos Micronizadores, Cercas NR12**. Disponível em: <http://www.rotoline.com.br/>. Acesso em: 21 maio 2017.

SERVGÁS. **Servgás**. Disponível em: <http://www.servgas.com>. Acesso em: 28 mar 2017.

SOARES, I. **Eficiência Energética e a ISO 50001**. 1. ed. Lisboa - PT: [s.n.], 2015.

SULGÁS. Sulgás - Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul - **Tabela de Preços**. Disponível em: <http://www.sulgas.rs.gov.br/sulgas/industrial/tabela-de-precos>. Acesso em: 21 maio 2017.

THOLLANDER, P.; DANESTIG, M.; ROHDIN, P. **Energy policies for increased industrial energy efficiency: evaluation of a local energy programme for manufacturing SMEs**. Energy Policy, 35(11), 5774-5783, 2007. doi:10.1016/j.enpol.2007.06.013

VAZQUEZ-FLETES, R. C.; ROSALES-RIVERA, L. C.; MOSCOSO-SANCHEZ, F. J.; MENDIZABAL, E.; ORTEGA-GUDINO, P.; GONZALEZ-NUNEZ, R.; RODRIGUE, D. **Preparation and characterization of multilayer foamed composite by rotational molding**. Polymer Engineering and Science, v. 56, n. 3, p. 278-286, 2016. doi:10.1002/pen.24253

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

WANG, J. M.; SHI, Y. F.; ZHANG, J. **Energy efficiency and influencing factors analysis on Beijing industrial sectors**. Journal of Cleaner Production, v. 167, p. 653-664, 2017. doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.207

ZANATTA, P. **Gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. v. 6, n. 3, p. 296-312, 2017. doi.org/10.19177/rgsa.v6e32017296-312

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Jaqueline Fonseca Rodrigues** – Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PPGE/UTFPR; Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG; Professora Universitária em Cursos de Graduação e Pós-Graduação, atuando na área há 15 anos; Professora Formadora de Cursos de Administração e Gestão Pública na Graduação e Pós-Graduação na modalidade EAD; Professora-autora do livro “Planejamento e Gestão Estratégica” - IFPR - e-tec – 2013 e do livro “Gestão de Cadeias de Valor (SCM)” - IFPR - e-tec – 2017; Organizadora dos Livros: “Elementos da Economia – vol. 1 - (2018)”; “Conhecimento na Regulação no Brasil – (2019)” e “Elementos da Economia – vol. 2 - (2019)” – “Inovação, Gestão e Sustentabilidade – vol. 1 e vol. 2 – (2019)” pela ATENA EDITORA e Perita Judicial na Justiça Estadual na cidade de Ponta Grossa – Pr.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço 94, 95, 101, 102, 103, 105

Análise Fatorial 3, 7, 10, 12, 13, 15, 208, 209, 211, 212, 213

ARIMA 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104

Assistência Social 90, 208, 209, 210, 213, 214, 220, 221

Autoavaliação 106, 107, 115, 116

### B

Bases Matemática 173

### C

Cadeia de Markov 18, 74, 82

Capacidade 18, 20, 47, 49, 66, 71, 73, 79, 80, 87, 95, 100, 101, 112, 122, 125, 126, 161, 185, 203, 239

Capdo 63, 70

Ciclo PDCA 53, 109, 254, 255, 257, 258, 260, 263

Cooperativa de Crédito 1, 3, 4, 6

Custos 45, 46, 47, 64, 65, 66, 70, 84, 86, 108, 111, 117, 121, 122, 123, 124, 128, 131, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 184, 195, 225

### D

Despesas 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 243

### E

Economia 3, 4, 16, 51, 84, 105, 115, 147, 208, 209, 210, 214, 218, 220, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 251, 252, 266

Eficiência Energética 50, 51, 52, 62

Embalagem 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 259, 264

Engenharia 1, 48, 52, 71, 84, 93, 146, 171, 173, 174, 175, 177, 182, 266, 267, 268

Equipamentos 53, 54, 55, 94, 111, 118, 149, 194, 195, 196, 199, 200, 201, 204, 207, 228, 230, 258, 260, 261, 263, 265

Ergonomia 160, 161, 171

Estacionamento 9, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83

Estatística Multivariada 7, 10, 17, 208, 219, 221

Eventos Discretos 183, 185, 193

### F

Fast Food 222, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 232, 234

Ferramentas da qualidade 59, 64, 65, 66, 108, 109, 194, 196, 198, 201, 206, 254, 255, 258, 260, 262, 263

## G

Geogebra 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181

Gestão da Qualidade 65, 70, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 195, 207, 254, 255, 256, 257, 258, 264

Gestão de Projetos 119, 120, 121, 126, 131

## I

ISO 50001 50, 51, 52, 58, 61, 62

## L

Lava Car 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 31, 32, 35, 37, 45, 47

Levantamento 67, 68, 117, 127, 160, 161, 163, 167, 168, 169, 170, 173, 181, 196, 198, 200, 201, 202

## M

Manuseio de Cargas 160, 161, 171

Marinha do Brasil 84, 86, 90, 93

Maturidade em Gerenciamento de Projetos 119, 120, 125, 126, 127, 129, 131, 132

Medição 50, 52, 53, 54, 79, 80, 108, 194, 199, 200, 201, 202, 204, 233, 241

Melhoria 24, 33, 45, 47, 50, 51, 52, 58, 59, 64, 65, 69, 70, 71, 72, 80, 81, 82, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 118, 131, 162, 198, 200, 222, 223, 234, 254, 257

## N

Não Conformidades 106, 107, 109, 115, 116, 117, 254, 255, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265

NBR ISO 9001:2015 106, 107, 111, 112, 113, 115, 116, 117

NCSS 9, 238, 239, 240, 243, 244, 251, 252

NIOSH 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

## P

PMBOK 119, 120, 125, 126, 127, 128, 131, 132

Previsão 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 183, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Previsão de Demanda 105, 239, 240, 241, 243, 253

Problema do Caixeiro Viajante (PCV) 84, 86, 89

Processos 20, 51, 52, 64, 65, 66, 70, 73, 84, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 116, 117, 118, 121, 123, 124, 126, 127, 148, 185, 195, 196, 198, 199, 207, 222, 223, 225, 226, 230, 234, 239, 241, 252, 254, 255, 256, 258

## Q

Qualidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 42, 45, 52, 59, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 87, 99, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 148, 161, 168, 184, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 223, 224, 225, 227, 228, 230, 232, 233, 254, 255, 256, 257, 258, 260, 262, 263, 264, 265

## R

Rotomoldagem 50, 52, 53, 58, 59, 60, 62

RULA 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 170, 171

## S

Semiose 173

Serviço 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 37, 45, 47, 48, 64, 73, 87, 112, 122, 125, 128, 184, 186, 187, 189, 199, 223, 225, 226, 228, 255, 256, 258, 260, 263

Simulação 18, 19, 23, 24, 26, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 47, 48, 57, 67, 73, 79, 83, 93, 183, 185, 187, 188, 190, 192, 193, 242

Simulação de Monte Carlo 18, 19, 23, 47, 48, 73

Sistema de Controle 147, 152, 153, 155, 156, 158, 258

Sistema de Gestão da Qualidade 106, 107, 108, 111, 112, 115, 116, 117, 118

Sistema Produtivo 222, 223, 224, 226

Sistemas de Atendimento 183

## T

Tendência 96, 99, 102, 187, 198, 203, 220, 238, 239, 240, 244, 245, 247, 248, 251, 257

Teoria da Filas 183

Teoria dos Grafos 84, 85

TIC 173

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-611-9

