

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

**ENGENHARIA MECÂNICA 2**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
**JOÃO DALLAMUTA**  
(ORGANIZADORES)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

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

**ENGENHARIA MECÂNICA 2**



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN**  
**JOÃO DALLAMUTA**  
(ORGANIZADORES)

**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 Cremona

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:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia mecânica 2 /  
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João  
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-582-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.829212810>

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz  
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.  
CDD 621

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 Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica, materiais e automação, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se ainda estabelecer que estas características levam a alterações quase que imediatas no projeto, sendo uma modificação constante na busca por melhores respostas e resultados.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **EFICIÊNCIA E CONSUMO ENERGÉTICO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA NO SETOR AUTOMOTIVO BRASILEIRO**

Rafael Guimarães Oliveira dos Santos

Aloísio Santos Nascimento Filho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128101>

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **ANÁLISE COMPARATIVA DOS TIPOS DE ÁGUA E ELETRÓLITOS DE UM GERADOR DE HIDROGÊNIO PARA UM VEÍCULO CONVENCIONAL**

Thiago Gonçalves de Oliveira

Fábio Luís Figueiredo Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128102>

### **CAPÍTULO 3..... 19**

#### **A REVIEW ON ITERATIVE AND SERIES SOLUTIONS FOR KEPLER'S EQUATION**

Paula Cristiane Pinto Mesquita Pardal


Mariana Pereira de Melo

João Francisco Nunes de Oliveira

Leonardo de Oliveira Ferreira

Pedro Novak Nishimoto

Roberta Veloso Garcia


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128103>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **A-CAES (ADIABATIC COMPRESSOR AIR ENERGY STORAGE): APARATO EXPERIMENTAL EM ESCALA LABORATORIAL**

Roberto Sihnel

Thiago Antonini Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128104>

### **CAPÍTULO 5..... 51**

#### **LA IMPORTANCIA DE LA FACTORIZACIÓN EN LA INGENIERÍA MECÁNICA PARA DETERMINAR LA ALTURA MÁXIMA DE PRESIÓN EN LAS TURBOBOMBAS**

Juan Antonio Tena Verdejo


Francisco Santiago Gabino

Sandra Zulema Tena Galván

Víctor Francisco Cortes Ávila

José Salvador

Oropeza Ramírez


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128105>

### **CAPÍTULO 6..... 59**

#### **MODELO MATEMÁTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ENERGÍA CINÉTICA DEL**

## ÁLABE DE UN IMPULSOR CERRADO DE LAS TURBO BOMBAS

Juan Antonio Tena Verdejo  
Francisco Santiago Gabino  
Sandra Zulema Tena Galván  
Victor Francisco Cortes Ávila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128106>

### **CAPÍTULO 7..... 68**

#### PROJETO DE TÚNEL DE VENTO DE BAIXA VELOCIDADE


Arthur de Lima Queiroga  
Rhander Viana  
Olexiy Shynkarenko

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128107>

### **CAPÍTULO 8..... 79**

#### ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE UN MECANISMO DE SCOTCH-YOKE A TRAVÉS DE LA INTERFAZ SOLIDWORKS-MATLAB


Javier Guevara Rivera  
Adolfo Manuel Morales Tassinari  
María Esperanza Velasco Ordóñez  
Carlos Efrén Jiménez Acosta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128108>

### **CAPÍTULO 9..... 88**

#### COMPARATIVO ENTRE UM OSSO COM PROPRIEDADES MECÂNICAS ISOTRÓPICAS E ORTOTRÓPICAS PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS EM UMA FRATURA


Igor Emanuel Espindola Loureiro  
Celso Júnio Aguiar Mendonça  
Ivan Moura Belo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8292128109>

### **CAPÍTULO 10..... 100**

#### ANALYSIS OF DELAY COMPENSATION METHODS IN HARDWARE-IN-THE-LOOP TESTS


Eduardo Moraes Coraça  
Janito Vaqueiro Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82921281010>

### **CAPÍTULO 11..... 113**

#### METODOLOGIA SEIS SIGMA: APLICAÇÃO NUMA EMPRESA DE ROLHAS METÁLICAS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Edry Antonio Garcia Cisneros  
Daniel Guzmán del Río  
Israel Gondres Torné  
Vitor Hugo Machioly

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82921281011>

**CAPÍTULO 12..... 127**


**PROPOSAL OF AN ELECTRONIC BRACELET DEVICE FOR THE MEASUREMENT OF VITAL SIGNS**

Eliel Eduardo Montijo-Valenzuela

Elvis Osiel Covarrubias-Burgos

Darío Soto-Patrón

Esthela Fernanda Torres-Amavizca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.82921281012>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 137**

# CAPÍTULO 11

## METODOLOGIA SEIS SIGMA: APLICAÇÃO NUMA EMPRESA DE ROLHAS METÁLICAS DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

*Data de aceite: 01/10/2021*

*Data de submissão: 05/08/2021*

### **Edry Antonio Garcia Cisneros**

Universidade do Estado do Amazonas-UEA  
Manaus-Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/1105882720421386>

### **Daniel Guzmán del Río**

Universidade do Estado do Amazonas-UEA  
Manaus-Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/6465735602112961>

### **Israel Gondres Torné**

Universidade do Estado do Amazonas-UEA  
Manaus-Amazonas  
<http://lattes.cnpq.br/1869557808967575>

### **Vitor Hugo Machioly**

Bacharel em Engenharia Mecânica, pela  
Instituição Faculdade Marta Falcão Wyden.  
Manaus-Amazonas

**RESUMO:** Como resultado da disputa cada dia mais complicada no mercado e na procura de maiores lucros, o foco de qualquer companhia tem sido na redução de retrabalhos e perdas, sendo assim, com a evolução constante dos processos e sistemas se tornou uma prioridade dos gestores modernos atuarem conforme a necessidade. Com tudo, identificar, analisar e sanar este problema vem a ser um processo complexo e que envolve várias equipes de trabalho. A empresa de fabricação de rolhas metálicas localizada no polo industrial de

Manaus, propõe-se melhorias nos indicadores de manutenção e para isso orientou a aplicação da metodologia dos seis sigmas como ferramenta para o gerenciamento da manutenção. O método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), que é parte integrante da metodologia Seis Sigma, fornece um meio ordenado a ser seguido por meio de ferramentas precisas de análises e soluções de problemas, a utilização do DMAIC traz uma confiabilidade e precisão na execução dos projetos realizados nas empresas. Os resultados mostrados com a implementação na empresa, permitem visualizar os principais problemas que limitam a produção, analisar estes e desenvolver soluções para a melhoria do processo. A metodologia mostrou ser válida no trabalho ao se obter avanços em termos de eficiência do processo e diminuição das perdas por paradas não planejadas em um 8 %.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metodologia seis sigma, perdas metálicas, paradas não planejadas, confiabilidade.

### SIX SIGMA METHODOLOGY: APPLICATION IN A COMPANY OF METAL STOPPERS OF THE INDUSTRIAL POLE OF MANAUS

**ABSTRACT:** As a result of the increasingly complicated dispute in the market and in the search for greater profits, the focus of any company has been on reducing rework and losses, so, with the constant evolution of processes and systems, it has become a priority for modern managers to act. as required. However, identifying, analyzing, and solving this problem is a complex process that involves several work teams. The metal stopper

manufacturing company located in the industrial hub of Manaus, proposes improvements in maintenance indicators and, for this, guided the application of the six sigma methodology as a tool for maintenance management. The DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) method, which is an integral part of the Six Sigma methodology, provides an orderly way to be followed through accurate analysis and problem solving tools, the use of DMAIC brings reliability and precision in the execution of projects carried out in the companies. The results shown with the implementation in the company, allow to visualize the main problems that limit production, analyze these, and develop solutions to improve the process.

The methodology proved to be valid at work by obtaining advances in terms of process efficiency and reducing losses from unplanned downtime by 8%.

**KEYWORDS:** Six sigma methodology, metallic losses, unplanned downtime, reliability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Planejar o impacto de paradas não planejadas em um processo é de grande importância para o setor de Planejamento de manutenção. Os envolvidos com esse processo avaliam as variáveis para obter os resultados desejados pela companhia. Atualmente, é importante para qualquer empresa, simplificar os seus processos tendo uma queda significativa nas perdas e desperdícios. Com isso, atuar com processos de produção mais eficientes tem sido o grande objetivo das pequenas e grandes empresas.

As paradas não planejadas em quase todos os casos têm perdas bem grandes. Em desafios como este, é normal existir problemas entre **(quantidade de problemas x quantidade de pessoas para resolver problemas)**, sendo assim, se ter um processo de soluções ágeis, se tem por análises rápidas que procuram atacar o efeito que o problema faz e não a causa do mesmo, em grande parte acaba gerando custos de retrabalhos e com isso se ter vários reparos nos processos. Para Hardy, DL, Kundu, S. e Latif, M. (2021), encontrar uma maneira de zerar perda sempre será melhor que demitir colaboradores, além do mais, ter o desafio de baixar o custo de uma companhia é uma tarefa bem satisfatória

Por vez a resolução de problemas a curto prazo é necessária diante da necessidade. Neste caso, muitas estratégias são criadas pelas companhias em busca da melhor aceitação de um sistema de produção com a sua realidade, como por exemplo a metodologia **SIX SIGMA** apresentada por Dias (2011).

Para Dias o método **SIX SIGMA**, tem grande foco em melhoria continua tendo uma evolução da gestão da qualidade, levando-a por várias iniciativas a fim de melhorar os níveis de eficiência e eficácia das atividades. Para Schroeder *et al.* (2007) o método das seis sigmas é definido como “uma meso-estrutura paralela, organizada para reduzir a variação de processos utilizando-se de especialistas em melhoria, um método estruturado e métricas de desempenho com a meta de atingir objetivos estratégicos”. Terner (2008) diz, ressalta que o mercado já não tem mais espaço para ineficiência, para ele a concorrência já ultrapassa o critério de preço, o foco agora está voltado para o valor ligado a padrões de qualidade, eficácia dos serviços e preço justo.

O método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), que é parte integrante da metodologia Seis Sigma, fornece um meio ordenado a ser seguido por meio de ferramentas precisas de análises e soluções de problemas, a utilização do DMAIC traz uma confiabilidade e precisão na execução dos projetos realizados nas empresas.

Desta forma, é muito importante as empresas comecem a desenvolver projetos que utilizam metodologias e que tenham ferramentas para análise de problemas, para que o envolvido obtenha dados e possam estruturar o processo de tomada de decisões para poder ter uma opção que seja assertiva para a companhia.

## 2 | REFERENCIAL TEORICO

### 2.1 Método das seis sigma

O método das seis sigma (SIX SIGMA) se originou na Motorola no ano de 1987 com foco na redução de perdas de qualidade dos produtos e tendo um maior retorno na lucratividade. Segundo Werkema (2004), conceitua o Six Sigma como: “medir o desempenho da linha atual calculando quantos sigmas existem até que ocorra a insatisfação de um cliente, ou seja, que um defeito é identificado pelo cliente”. Um processo será considerado uma metodologia Six Sigma quando não gerar mais de 3,4 dpmo (defeitos por milhão de oportunidades).

Corrêa e Corrêa (2009) citam que essa variabilidade está relacionada aos resultados gerados pelos processos, e que alto índice dessa variabilidade está ligado a má qualidade, altos custos e insatisfação do cliente.

### 2.2 Metodologia DMAIC

Atualmente o método mais utilizado para assessorar esse desenvolvimento do Six Sigma é o DMAIC, selecionada por Cleto (2011) para conduzir a gestão de projetos em uma empresa automobilística, uma vez que para ele esse método possibilita a organização apropriada de implementação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos Six Sigma.

A metodologia DMAIC é mundialmente conhecida como evolução do programa Six Sigma pois sua abordagem principal é focada em melhorias de processos. Para Schroeder (2007), as etapas da metodologia DMAIC classificam os desvios e apontam oportunidades para melhorias através dos dados coletados e analisados.

De acordo com Lucas (2002), a base do DMAIC é o ciclo de melhorias PDCA (Plan, Do, Check e Act), sendo que ambos possuem características semelhantes, tais como escolha dos pontos a serem melhorados, análise, planos de ação, verificação/controlar.

A utilização do método de análise e solução de problemas DMAIC incorporado no gerenciamento de projetos traz uma sistemática de condução das etapas e ainda proporciona a utilização de ferramentas estatísticas para identificar um problema ou variação de um processo. para melhorar cada vez mais os produtos e com isso atender as exigências dos

clientes internos e externos.

Lucas (2002) coloca o DMAIC como uma estratégia de ruptura (*breakthrough strategy*) que fornece ao processo de melhoria uma forma organizada de ação, com técnicas específicas para cada uma de suas etapas.

O ciclo de melhoria do DMAIC é utilizado também como um método para gerenciar os projetos uma vez que cada uma das fases apresenta entregas bem claras, tanto com relação ao formato da análise quanto em relação aos métodos a serem utilizados nessa análise. Esse entendimento de entregas e de gerenciamento de fases é demonstrado por George (2002) e Pande; Neuman e Cavanagh (2001).

### 3 | METODOLOGIA

O presente trabalho utilizará a metodologia do Estudo de Caso, pois, a obtenção de dados se fará com o uso de documentação indireta e direta in loco, por meio de pesquisas qualitativas no qual faz aplicação de modelos teóricos à situação prática da vivência organizacional mediante a observação sistemática e levantamentos de dados que irão futuramente servir para medir quantitativamente o caso estudado. (LAKATOS e MARCONI, 2003).

As etapas do DMAIC, Figura 1, são definidas da seguinte forma:

- **Definir (Define):** se refere a finalidade do projeto e o as necessidades para sua resolução. Tem como objetivo estabelecer um desenho detalhado do processo com seus pontos críticos e relevantes para o problema. As ferramentas geralmente utilizadas nesta etapa são *brainstorming*, histograma e fluxograma para auxiliar na identificação dos riscos, comportamento e percepção operacional do problema.
- **Medir (Measure):** tem como finalidade determinar, de forma quantitativa, as variáveis associadas ao problema. Nesta fase é feito uma coleta mais detalhada dos dados do problema e estratificá-los é preciso para entender como ocorrem. Para realizar as atividades, podem ser utilizadas ferramentas como Folha de Verificação para fazer a coleta de dados e gráfico de Pareto para estratificação. Caso haja problemas mais complexos, pode ser utilizado o software Minitab.



Figura 1. Sequência do método DEMAINC

Fonte: Autoria própria.

- **Analisar (Analyse):** abrange o reconhecimento das causas potenciais dos problemas que estão impactando no processo. Nesta fase, auxiliam na análise dos dados, ferramentas como Diagrama de Ishikawa e análise de 5 PQ's.
- **Implementar (Improve):** consiste na implementação das melhorias identificadas para solucionar a causa dos problemas. Nem todas as melhorias e ideias propostas podem ou devem ser implementadas. Para priorizar as ações a matriz Impacto x Esforço é comumente utilizada.
- **Controlar (Control):** Monitorar o desenvolvimento da estratégia de execução para que o grupo não se perca e que venha estabelecer critérios de controle (Check-Lists, Estatísticas, além disso, podendo criar padrões, instruções e diagramas de trabalho para que independentemente haja mudanças na mão de obra.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Generalidades

O processo de fabricação de rolhas, apesar de “simples”, possuem certos detalhes, que se não observados com cautela podem acarretar problemas ainda maiores como por exemplo problema de vedação nas garrafas, ferrugem na rolha podendo misturar com o líquido. As variáveis que impactam em um processo de fabricação de rolhas vão desde a qualidade da folha do aço (AÇO T4) até qualificação técnica-operacional sobre como operar os equipamentos.

As rolhas metálicas desse estudo são compostas por 2 partes, sendo elas, a folha com formato de rolha (tampa) e o vedante, que tem aproximadamente  $0,240g \pm 0,015g$ , porém



o corpo da rolha recebe uma camada de verniz para proteção contra oxidação. A partir as rolhas metálicas possuem duas variações que são as seguintes: TWIST-OFF, PRY-OFF que são para determinados tipos de cervejas. As linhas de produção de embalagens de rolhas metálicas operam por 24h/dia por cerca de 350 dias ao ano. O tempo de setup (mudança de produto) e tem em média 1 hora pois precisa ser feito a limpeza de toda a linha e verificação se não há nenhum resíduo.

O planejamento de produção é calculado e planejado conforme a necessidade e disponibilidade da linha, portanto, qualquer imprevisto seja ele relacionado a máquina, material, método e mão de obra, comprometendo as demandas necessárias. Fazendo uma análise inicial do problema, em determinado mês, foi notado que mais de 25% do tempo disponível para produção estava ocupado por paradas imprevistas conforme é mostrado na Figura 2.

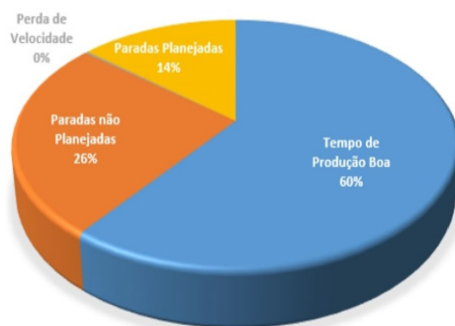


Figura 2 - Disposição de paradas não planejadas em linhas de produção de rolhas metálicas

Fonte: CENG 2019- AROSUCOS

Neste caso, foi escolhido a realização de um projeto pelo método DMAIC- White Belt para se ter uma análise mais concreta do problema devido ao fato de ser um grande ponto negativo que afeta a produção de modo que gera retrabalho, custo e gasto de mão de obra, com isso, devido a facilidade de e usar as ferramentas e os resultados terem valores bastante significativos o método DMAIC foi assegurado como forma de sanar esse problema.

## 4.2 Definir

As paradas não planejadas têm total influencia na eficiência do processo e no valor gerado pelas perdas. As perdas podem ser facilmente calculadas pelo tempo de produção perdido e também pela matéria prima (açúcar), perdida nas paradas de linhas inesperadas, com isso chama-se na produção em estudo por “perda de GLY”. Pode ser citado também as perdas com os gastos de mão de obra que pode ser calculadas considerando a hora/homem

sem produzir um produto de boa qualidade.

Tendo base na Figura 3, as paradas imprevistas representam 25,6 % da produção. Em um dia de uma grande demanda de produção, esse valor pode representar cerca de 6 horas de produção perdida, considerando apenas a perda que acontece no equipamento, em que ele não está em funcionamento por possíveis ajustes ou então por uma parada não planejada, durante um mês a empresa tem um custo negativo de aproximadamente R\$ 700.000 mil reais. A equipe necessária para a solução deste problema foi composta por um Técnico Mecânico do processo e dois supervisores sendo eles: Supervisor de Manutenção e Supervisor de Perda de GLY (perda de produção), com a orientação deles para ter uma contínua melhoria do processo.

O propósito do projeto limitou-se a estudar quatro grupos de paradas não planejadas:

1. Pequenas Paradas 2. Espera no processo (SET-UP) 3. Quebras 4. Falha de processo.

Como as pequenas paradas teve uma maior tendência representativa, o propósito estreitou apenas para o estudo deste grupo. Para representar as paradas não planejada, ouvi a divisão sem subcategorias, como mostra a Figura 3.

Para ter noção do problema foram coletados dados do Sistema SAP ERP sobre os gatilhos de paradas, no período de janeiro a maio de 2021, com isso os dados selecionados foram expostos em um histograma, para se ter os valores referentes a % das paradas não planejadas sendo calculado através da equação 1:

$$\% \text{ PNP} = \left\{ \frac{\text{Total de horas de Paradas não planejadas}}{\text{Tempo total disponível-Paradas Planejadas}} \right\} * 100$$

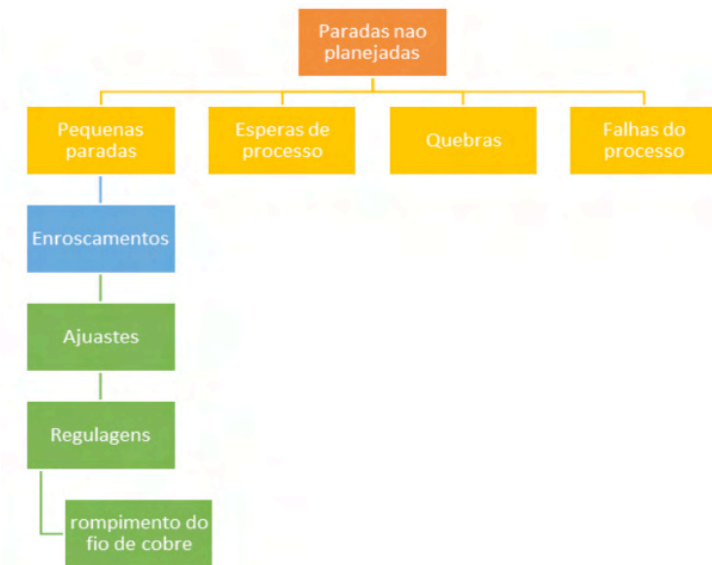


Figura 3. Paradas não planejadas. Estratificação dos problemas (Pequenas Paradas)

Fonte: Autoria própria.

A partir disto, pode se notar na Figura 4, o histórico do problema que vem ser destacado a média do percentual (%) de paradas não planejadas no período analisado foi de aproximadamente 7,6% e o melhor valor encontrado foi de aproximadamente 6,4%.

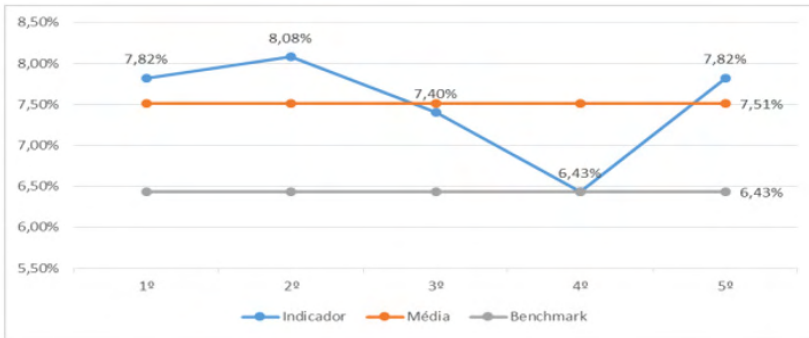


Figura 4- Histórico do problema  
 Fonte: CENG 2019- AROSUCOS.

O objetivo deste projeto, alinhado com a liderança da empresa, foi reduzir mais de 46% do problema que vem ser a diferença entre a média e o menor valor, obtendo um percentual mensal de paradas de 7%. As fases do DMAIC, foram sintetizadas em um cronograma para se ter o planejamento das atividades e entrega no prazo proposto, conforme a Figura 5.

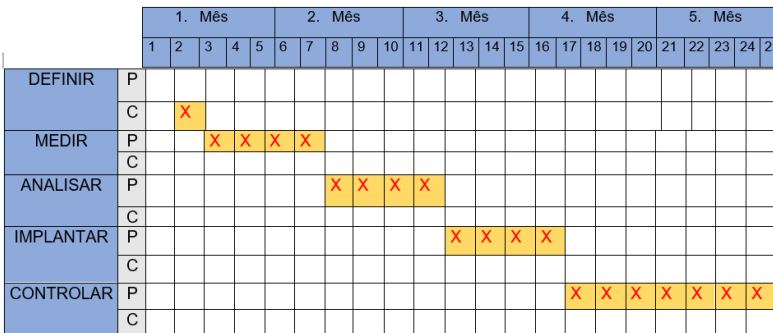


Figura 5- Cronograma das Etapas do DMAIC  
 Fonte: CENG 2019- AROSUCOS.

A efetivação para se iniciar um projeto DMAIC é feita através de um “contrato”, com as informações do projeto como: equipe, dados, meta, prazos e assinado por todas as partes que nele estarão envolvidas.

### 4.3 Medir

Como os dados obtidos não demonstram confiabilidade, devido a distribuição dos dados serem feitos pelos próprios operadores das linhas onde o problema ocorre, foi verificado também alta dispersão dos dados, com isso, foi escolhido pelo uso da folha de aceite. Quando se tem dados não confiáveis isso se torna um problema para toda tomada de decisão, pois se torna suscetível a erros e possíveis retrabalhos. Durante um determinado período proposto, foi feita a coleta de dados manual das paras ocorridas nas linhas de produção, o Quadro 1 mostra um modelo da folha de verificação utilizada pelo método.

O que medir?	Onde medir?	Quando medir?	Como coletar?	Porque coletar?	Responsável pela coleta?

Quadro 1- Modelo de folha de Verificação

Fonte: CENG 2019- AROSUCOS.

Com a obtenção de dados confiáveis, o próximo passo seria estratificá-los. Pois a estratificação é o agrupamento de todos os dados em diferentes fatores. Como, máquina, lote, turno, tipo de parada e material. Com isso, o principal objetivo da estratificação e indicar os potenciais problemas que são prioridade ou não. Basicamente, serão realizadas análises dos dados das máquinas e a partir disso, foi feita a estratificação por tipo de parada ou ocorrência.

As estratificações foram feitas com a utilização do Gráfico de Pareto e o princípio 80/20, em que você tem 80% dos problemas são gerados por 20% das causas. Sendo assim, tanto para estratificação por problemas, quando na do tipo de parada, percebeu-se que foi 80% dos problemas potenciais, com isso a Figura 6 mostra o Gráfico de Pareto da estratificação do problema geral. Na Figura 7 foi possível perceber que os problemas que mais impactam no período, seguindo o conceito citado acima 80/20, foram: Amassando chapa, Descarte de rolhas pelo CVS, Mesa de esquadro desalinhada e Má formação. Com todas os problemas identificados, basicamente se resume a duas máquinas que vem a ser a Prensa (PTC) e o LINER. Com isso, a perda estimada por hora na máquina estar perto das 198 horas durante o período de análise.

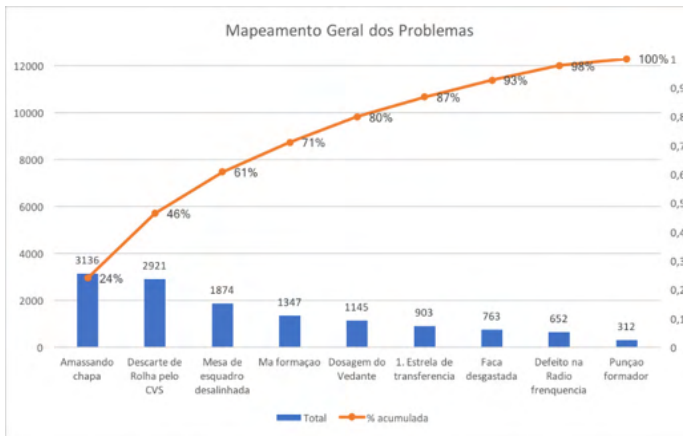


Figura 6- Gráfico de Pareto da estratificação do problema geral

Fonte: Autoria própria

Se estratificar-se o problema da prensa (PTC) em prioridades obterão se os seguintes valores conforme a Figura 7.

Na máquina LINER, o período analisado e as paradas não planejadas somam aproximadamente 140 horas, sendo os potenciais problemas, descarte de rolhas pelo CVS, Má formação no vedante, dosagem do vedante na rolha, 1. Estrela de transferência, faca desgastada, Defeito na rádio frequência e punção formador. Abaixo na Figura 8 é ilustrado a Estratificação do problema na Máquina LINER.

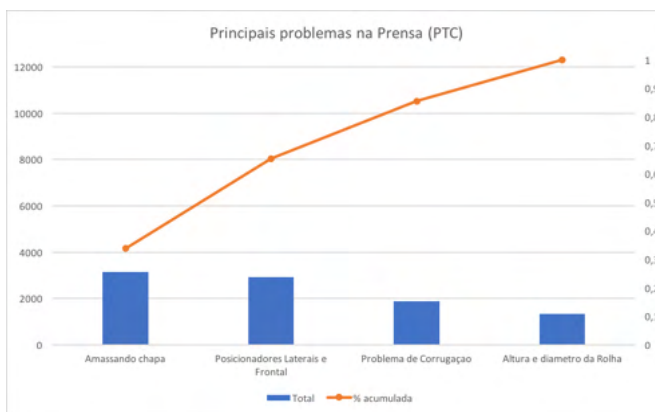


Figura 7. Principais problemas na prensa PTC.

Fonte: Autoria própria.

A etapa medir é concluída com o levantamento das possíveis causas. Os problemas que podem ocorrer com o passar do tempo, em todos e qualquer projeto, deve ser feito com

o maior número de pessoas que estejam envolvidos com os problemas citados acima.

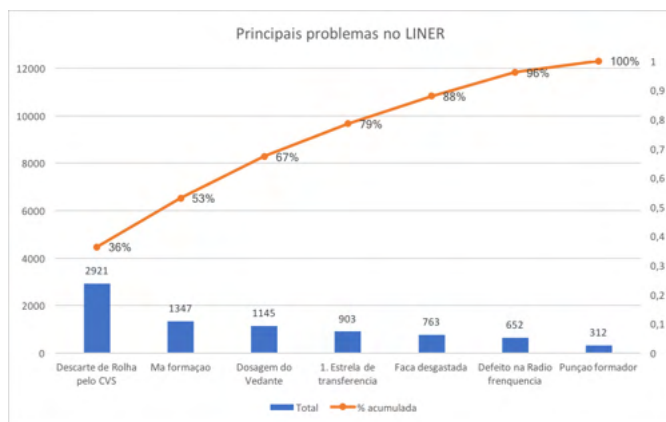


Figura 8- Principais Problemas no LINER.

Fonte: Autoria própria.

## 4.4 Analisar

Nesta etapa, são estudadas e analisadas cada uma das causas potenciais levantadas pela etapa anterior. No **brainstorming** realizado no final da etapa anterior, foram levantadas ações imediatas para serem implantadas, mais conhecido como o plano de ação VER E AGIR. Para analisar, os demais problemas, utilizou-se a ferramenta Diagrama de Ishikawa, com isso distribuimos as possíveis causas nos 6Ms, sendo: Máquina, Material, Mão de Obra, Método, Meio Ambiente e Medida. Após ser feito isso, todos os possíveis problemas foram analisados através da ferramenta 5 Por Quês, para se ter a identificação das causas raízes.

## 4.5 Implementar

As soluções propostas devem ser implementadas para garantir três entregas fundamentais, sendo elas, padronização, resultado e conhecimento. O resultado está atrelado ao alcance da meta, a padronização deve garantir que não haja erros nas execuções das atividades, sejam elas procedimentos técnicos ou operacionais. Para certificar-se que os padrões estão sendo cumpridos à risca, pode-se fazer uso das ferramentas a prova de erro ou **Poka-Yoke**.

A entrega do conhecimento está relacionada ao entendimento dos operadores e técnicos sobre como executar as determinadas tarefas em suas funções. Quando houver problemas que dependem da habilidade técnica ou operacional, a entrega de conhecimento se torna a mais importante para se chegar a grandes resultados. Para se transmitir conhecimento, se tem diversas formas de fazer o mesmo, com treinamentos em salas de aula,

treinamentos técnicos com fornecedores, reuni-os entre turnos para tratar dos problemas da empresa. Algumas vezes, como foi o caso desse estudo, devido ao número e a complexidade das ações foi preciso criar uma matriz de prioridade, como mostra a Figura 9.



Figura 9. Matriz de prioridade.

Fonte: CENG 2019- AROSUCOS.

Na pesquisa foram mapeadas 57 ações e todas foram priorizadas através da matriz de prioridade. Com auxílio do plano de ação 5W2H, do total de ações, 51 foram levadas para o plano, 3 descartadas e 3 foram classificadas como complexas para serem tratadas em um futuro.

#### 4.6 Controlar

Nesta etapa, a parte de controlar teve uma duração de quase 3 meses e seu principal foco foi acompanhar se os resultados obtidos foram e estão sendo contínuos. Para tomar nota, os resultados planejados foram obtidos, foi utilizado novamente o gráfico sequencial para visualizar o percentual de paradas não planejadas obtidas ao longo do tempo, conforme está na Figura 10.

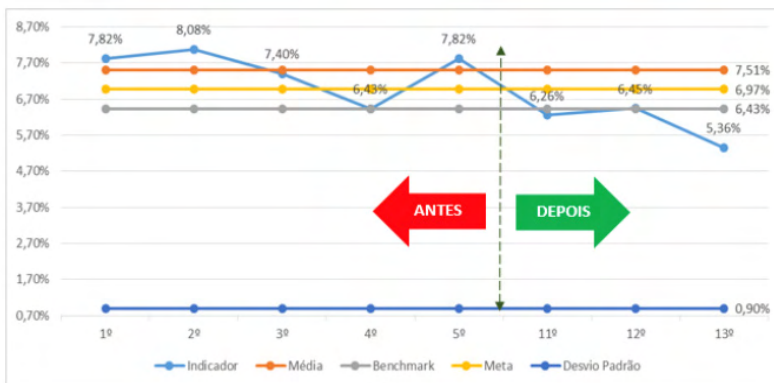


Figura 10- Gráfico Antes contra Depois da Ações implementadas.

Fonte: CENG 2019- AROSUCOS.

Nesta etapa, além de se ter o controle propriamente dito dos resultados obtidos, foram atualizados os procedimentos operacionais e teve um aumento da eliminação de ajustes desnecessários no processo.

Por fim, com os resultados obtidos teve uma redução bem significativa de aproximadamente 22 horas/mês de paradas imprevistas. Para se ter um processo contínuo desses resultados outras ações foram implementadas, como uma maior capacitação dos colaboradores sobre os procedimentos e também se tem um sistema para se ter acesso aos pontos de ajustes e regulagens necessários das máquinas para possíveis erros.

## 5 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados desta pesquisa destacam-se as seguintes conclusões:

A redução média é de 20% ao mês do problema, com isso teve um impacto de 8% de queda em paradas não planejadas das linhas em geral saindo de aproximadamente 25% para 17%.

As conclusões desse artigo e os resultados obtidos dentro da empresa afirmam que as citações da literatura de falam sobre a metodologia DMAIC se obteve um resultado positivo através do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ABEAÇO, 2016. **Centro de aprendizagem - 10 motivos para consumir lata**. Disponível em: < <http://www.abeaco.org.br/10motivosdalatatexto.html> > Acesso em: 17 março de 2017.

CENG, 2019- ACERVO AMBEV- AROSUCO FILIAL ROLHAS METALICAS.

CLETO, M.G. **Gestão de projetos através do DMAIC**: um estudo de caso na indústria automotiva. ABEPRO. Universidade Federal do Paraná – PPGE/UFPR. 2011.



CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 1. ed., 3. reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

DIAS, S. M. **Implementação da metodologia Lean Seis-Sigma – O caso do Serviço de oftalmologia dos Hospitais da Universidade de Coimbra**, Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2011.

GEORGE, M.L **Lean Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**. New York: McGraw-Hill, 2002.

Hardy, DL , Kundu, S. e Latif, M. (2021), “**Produtividade e desempenho de processo em uma célula de corte manual explorando Lean Six Sigma (LSS) DMAIC - um estudo de caso na produção de painel laminado**”, *International Journal of Quality & Reliability Management* , vol. à frente da impressão No. antes da impressão. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2020-0242>

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LUCAS, J.M. **The Essential Six Sigma**. *Quality Progress*, v. 35, n.1, p.27-31. 2002.

SCHROEDER, R. G., LINDERMAN, K., LIEDTKE, C., CHOO, A. S. **Six sigma: definition and underlying theory**. *Journal of Operations Management*, v. 26, n. 4, p. 536-554, 2007.

TERNER, G. L.K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e resolução de problemas em uma empresa metal – mecânica**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, RS. UFRS. 2008.

PANDE, P.S; NEUMAN, R.P; CAVANAGH, R.R (2001). **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras empresas estão aguçando seu desempenho**. Rio de Janeiro, 2001.

WERKEMA, M. C. C. **Criando Cultura Seis Sigmas - Serie Seis Sigmas**. Volume 1. Editora Werkema. 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

A-CAES 5, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48

Aerodinâmica 68, 69

Ar comprimido 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 48, 50

Armazenamento 36, 38, 39, 40, 41, 44, 48, 49

### B

Biomecânica 88

### C

Cavernas 36, 39, 40, 41

Células de inovação 127

Ciência de dados 1

Confiabilidade 113, 115, 121

Consumo de combustível 1, 8, 10

### D

Desenvolvimento sustentável 1, 2

### E

Eletrólise 8, 9, 10, 11, 14, 18

Eletrólitos 5, 8, 9, 14, 17, 18

Energia 3, 8, 9, 11, 17, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 68, 70, 90

Energia limpa 8, 9

### F

Fluidodinâmica computacional 68

Fluido incompressível 68

Fratura coronal 88, 89, 99

### G

Geração de hidrogênio 8, 9, 10, 11, 17

### H

Huntorf 36, 37, 39, 40, 41, 49

### M

Medição de sinais vitais 127

Método dos elementos finitos 6, 88, 90, 98

Metodologia seis sigma 6, 113

## **O**

Ortotrópico 88, 89, 92, 96, 97, 98

## **P**

Paradas não planejadas 113, 114, 118, 119, 120, 122, 124, 125

Perdas metálicas 113

Pulseira eletrônica 127

## **R**

Renovável 36, 38, 42, 48

Router CNC 68, 69, 70

## **S**

Setor automotivo 5, 1, 2, 3, 7

Sistema remoto 127

## **T**

Tipos de água 5, 8, 10, 11, 12, 17

Túnel de vento 6, 68, 70, 71, 74, 78

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA MECÂNICA 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 MECÂNICA 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)