

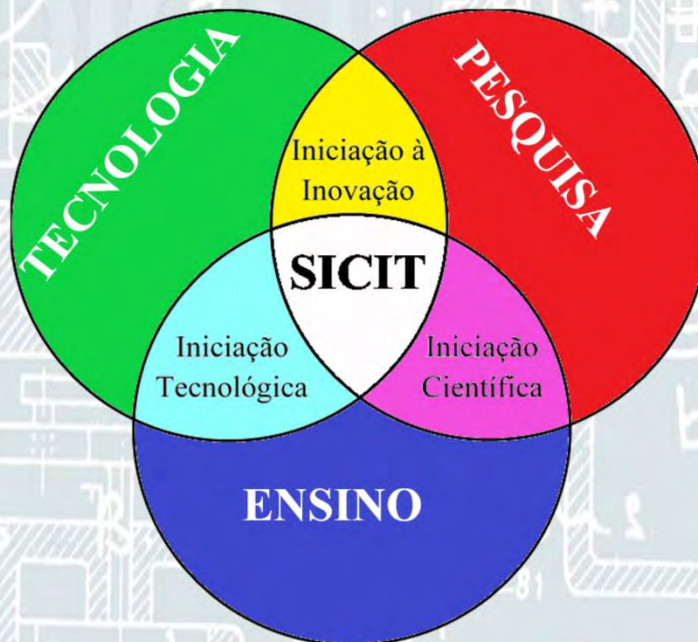
# Universidade de Itaúna

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO  
Cursos de Engenharias e Computação

Semana de  
**Iniciação Científica e Tecnológica**  
De 25 a 29 de setembro **2017**

**ANAIS**

ISSN: 2595-9417



Realização:

Universidade  
de Itaúna

Apoio:





**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## UNIVERSIDADE DE ITAÚNA

Reitor: Prof. Faíçal David Freire Chequer

Vice-reitor: Prof. Irineu Carvalho de Macedo

Pró-reitor: Dr. Matozinho Ferreira Barbosa

Pró-reitora: Dra. Teresinha Alves de Almeida

Coordenadores dos cursos:

Ciência da Computação: Prof. Felipe Domingos da Cunha

Engenharia Civil: Prof. Daniel Rodrigues Rezende Neves

Engenharia Mecânica e Produção: Prof. Francis José Saldanha Franco

## FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE ITAÚNA

### Mantenedora da Universidade de Itaúna

Rodovia MG 431 – Km 45 (Trevo Itaúna / Pará de Minas) – Campus Verde

35680-142 – Caixa Postal 100 – Itaúna – MG – Brasil

Telefone: (37) 3249-3000 – *Homepage*: [www.uit.br](http://www.uit.br)

## EDITORIAL

### COMISSÃO ORGANIZADORA / EXECUTORA

Alecir Silva

Dalmy Freitas de Carvalho Júnior

Daniel Moreira Araújo Filho

Denilson José do Carmo

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira

Fernando César Franco

Filipe Emanuel Souza Anacleto

Gilson Marques Pinheiro

José Felipe Dias

Sabrina Nogueira Rabelo

## Ficha catalográfica

S471    Semana de Iniciação Científica e Tecnológica - SICIT (1. : 2017: Itaúna, MG).

Anais da I Semana de Iniciação Científica e Tecnológica dos Cursos de Engenharias e Computação da Universidade de Itaúna, Itaúna, Minas Gerais, 25 a 29 de setembro de 2017 / editor: Comissão Organizadora da SICIT. -- Itaúna, MG: Universidade de Itaúna, Pró-Reitoria de Pós-Graduação Pesquisa e Extensão, 2017.

Disponível em: <[www.uit.br/sicit](http://www.uit.br/sicit)>

ISSN 2595-9417

1. Iniciação Científica e Tecnológica. 2. Pesquisa. 3. Engenharia. 1. Título.

CDU: 001.891



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## SUMÁRIO

<b>SOBRE A SICIT</b>	<b>04</b>
<b>REALIZAÇÃO</b>	<b>04</b>
<b>APOIO</b>	<b>05</b>
<b>COMISSÃO ORGANIZADORA / EXECUTORA</b>	<b>05</b>
<b>ESTATÍSTICAS</b>	<b>06</b>
<b>TRABALHOS APRESENTADOS NA FORMA ORAL</b>	<b>09</b>
<b>TRABALHOS APRESENTADOS NA FORMA DE PÔSTER</b>	<b>13</b>



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## SOBRE A SICIT

A Semana de Iniciação Científica e Tecnológica (SICIT) é um evento realizado anualmente, organizado por professores e alunos dos cursos de Engenharias e Computação da Universidade de Itaúna, tendo como objetivo geral unir estudantes, professores, profissionais, empresas e demais interessados em Engenharia e Computação para pesquisar e discutir sobre temas atuais e de grande impacto na sociedade, tornando-se um espaço de troca de informações e ideias. Os objetivos específicos são:

- divulgar os resultados dos projetos de pesquisas científicas e tecnológicas realizadas por estudantes de graduação dos cursos de Engenharia e Computação;
- divulgar os trabalhos acadêmicos de excelência;
- despertar vocação científica e incentivar talentos potenciais entre estudantes de graduação;
- contribuir para a formação dos participantes.

Informações adicionais, programa e inscrições no sítio: [bit.ly/sicit2017](http://bit.ly/sicit2017)

Submissão de resumos e envio de trabalhos selecionados pelo e-mail: [sicitfaen2017@gmail.com](mailto:sicitfaen2017@gmail.com).

## REALIZAÇÃO

 Universidade de Itaúna

**Cursos:**

**Ciência da Computação**

**Engenharia Civil**

**Engenharia de Produção**

**Engenharia Mecânica**



**SICT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## APOIO



## COMISSÃO ORGANIZADORA / EXECUTORA

- **Prof. Alecir Silva** (Engenharias de Produção e Mecânica)
- **Prof. Dalmy Freitas de Carvalho Júnior** (Ciência da Computação, Engenharias Civil e de Produção)
- **Acad. Daniel Moreira Araújo Filho** (Engenharia Civil; Presidente do D.A. de Engenharias e Computação)
- **Prof. Denilson José do Carmo** (Engenharias Civil e de Produção)
- **Prof. Ewerton Augusto de Sousa Nogueira** (Engenharia Mecânica)
- **Prof. Fernando César Franco** (Engenharia de Produção)
- **Prof. Filipe Emanuel Souza Anacleto** (Engenharia Civil)
- **Prof. Gilson Marques Pinheiro** (Engenharia de Produção, Administração e Gestão Comercial)
- **Prof. José Felipe Dias** (Engenharia Mecânica) – Presidente da comissão
- **Prof<sup>a</sup>. Sabrina Nogueira Rabelo** (Engenharias de Produção e Mecânica)



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## ESTATÍSTICAS

- ✓ **Trabalhos científicos apresentados: 43**
- ✓ **Número de autores envolvidos: 176**

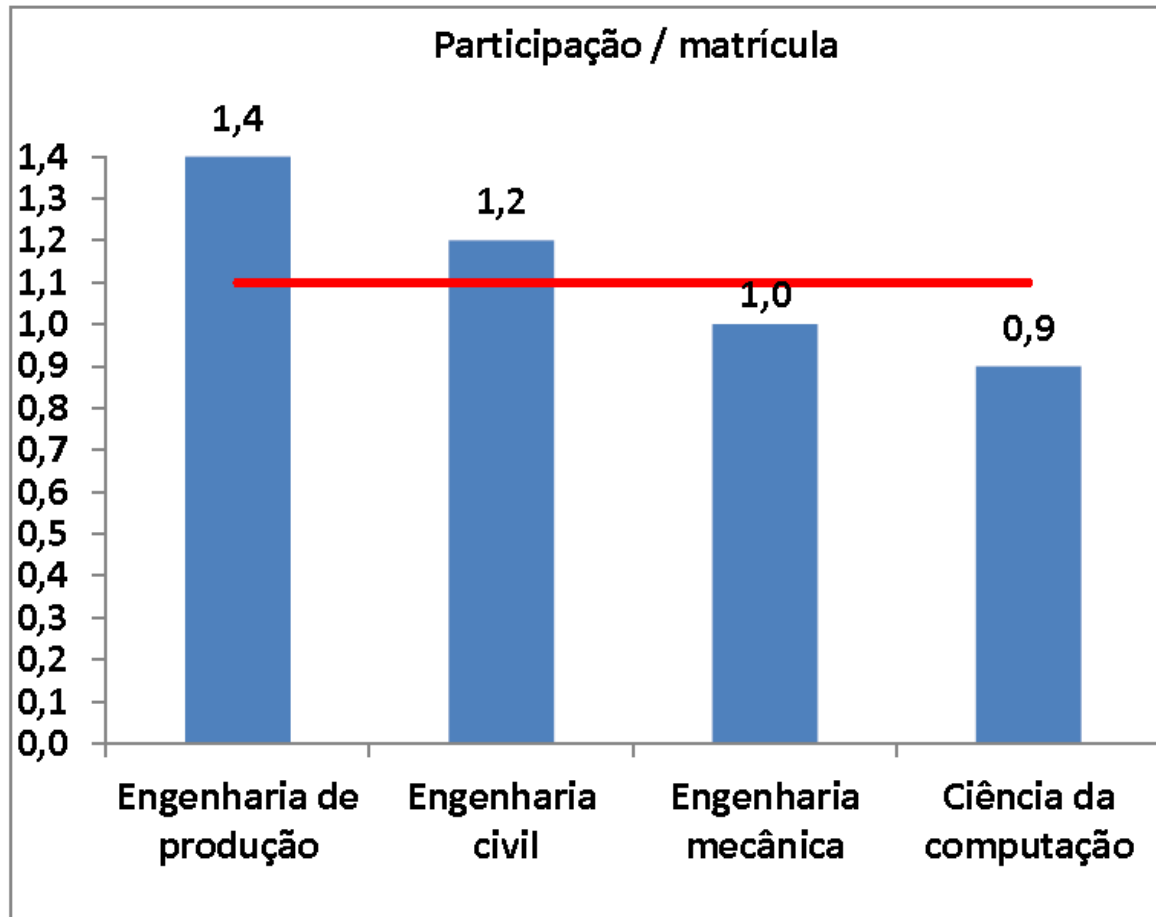
Descrição	Forma de apresentação		Total
	Oral	Pôster	
Trabalhos apresentados	28	15	43
Autores	112	64	176

- ✓ **Número total de participações: 1.201**

Participação	Quantidade	Cursos de Engenharia	Outros cursos da UI	Comunidade	Total
		1.145	24	32	1.201
	%	95,3	2,0	2,7	100

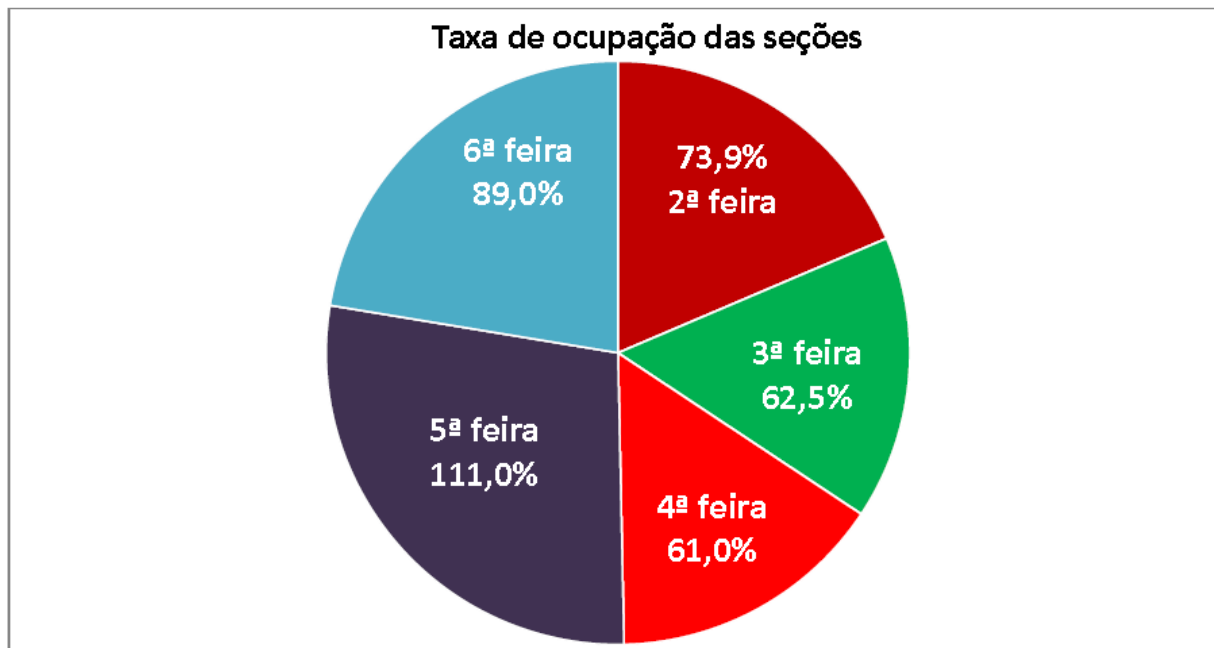


✓ Participações por matrícula por curso





✓ Taxa de ocupação das seções técnicas orais



✓ Como as pessoas ficaram sabendo do evento

Divulgação dentro da Universidade de Itaúna	568	47,3%
Por meio dos professores	550	45,8%
Divulgação fora da Universidade de Itaúna	55	4,6%
Redes sociais	28	2,3%
<b>Total Geral</b>	<b>1.201</b>	<b>100%</b>

✓ Número de acesso ao site do evento: [bit.ly/sicit2017](http://bit.ly/sicit2017)

- 4.809 até o dia 29/09/2017
- 5.039 até o dia 06/10/2017





## TRABALHOS APRESENTADOS NA FORMA ORAL

Código	Título	Autores
<a href="#">APO1</a>	A influência das variabilidades na carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo	Charlene Pereira Soares
		Gilson Marques Pinheiro*
		Pamella Jokasta Silveira Souza
<a href="#">APO2</a>	Análise de posturas e de levantamento de cargas para melhoria ergonômica de postos de trabalho do setor de acabamento de uma fundição	Natália Fernanda Santos Pereira
		Daniela Araújo Viriato
		Eriane Cristine da Fonseca Silva
		Gilson Marques Pinheiro*
<a href="#">APO3</a>	Repensando as práticas educacionais de uma escola profissionalizante para redução da evasão escolar por meio da análise ergonômica do processo de ensino e aprendizagem	César Eloi Nascimento Parreiras Silva
		Cleiton Rodrigues
		Gilson Marques Pinheiro*
<a href="#">APO4</a>	Melhoria da eficiência global dos equipamentos por meio do desdobramento de metas em uma indústria gráfica	Júnio César Carvalho Pereira
		Letícia Aparecida Santos
		Lucas Guimarães Mansur Nascimento
		Gilson Marques Pinheiro*
<a href="#">APO5</a>	Montagem e análise do desempenho de uma bancada de refrigeração por compressão	Flávio França Vasconcelos
		Geraldo do Carmo Santos Oliveira
		Héilton Gilmar Coutinho Júnior
		João Pedro Paulino Martins
		Letícia Ferreira Teixeira
		Matheus Henrique Gonzaga Niterói
		Yuri Amaral de Ávila
		Ewerton Augusto Souza Nogueira*
		José Felipe Dias*
		Juliano Simeão*
Sabrina Nogueira Rabelo*		
<a href="#">APO6</a>	Estudo de variáveis que interferem no índice de reprocesso por encolhimento de urdume em tecido retardante à chama através do planejamento de experimentos	Leigiane Mara de Sousa Santos
		Liliane Antunes Resende
		Danúbia Natania Parreiras
		Gilson Marques Pinheiro*
		Jeferson Laporais da Silva
<a href="#">APO7</a>	Análise do impacto do planejamento na construção de um aquecedor solar térmico de ar	Luiza Duarte Pereira
		Jennifer Oliveira Silva Ferreira
		Ana Luiza Gonçalves
		Dalmy Freitas de Carvalho Júnior*
<a href="#">APO8</a>	Recuperação de padrões na valoração textual de redações	Eugênio Cunha
		Marco Túlio A. N. Rodrigues*
<a href="#">APO9</a>	Análise e comparação de métodos de recomendações e seus coeficientes para sistemas de recomendação de filmes	Jessé Filipe de Moraes
		Marco Túlio A. N. Rodrigues*



<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<a href="#">APO10</a>	Redução da variabilidade do teor de ferro do rejeito no separador magnético de alta intensidade utilizando técnicas de controle estatístico de processo	Deiller Henrique Fonseca
		Luan Cristiano Dias
		Otávio Chaves Cardoso
		Alecir Silva*
<a href="#">APO11</a>	Aumento de produtividade em uma linha de difusores de ar utilizando a metodologia WCM	Frank Gomes Bernardes
		Michael Sander Costa Sousa
		Yasmim Reis de Resende
		Alecir Silva*
<a href="#">APO12</a>	A otimização de tinta de terra: processos e transformações através da sustentabilidade	Leandro Teles Antunes dos Santos*
		Ana Carolina Laine
		Daniel Moreira Araújo Filho
		Marcelo Elias Nogueira Pinto
		Ticiano Paula Gonçalves de Oliveira
		Ubiraci Herculano Pereira Júnior
<a href="#">APO13</a>	Ajustes de modelos de previsão de propagação de trinca por fadiga em ADI tratado em diferentes condições de austêmpera	Luiz Henrique Marra da Silva Ribeiro
		José Felipe Dias*
		Gabriel de Oliveira Ribeiro
		Leonardo Barbosa Godefroid
<a href="#">APO14</a>	Estudos sobre a influência da umidade interna de fibras de bambus na resistência à tração das fibras e de compósitos de resina poliéster com fibras de bambu gigante	Luiz Henrique Marra da Silva Ribeiro
		Lucas Misael de Aguiar
		Ewerton Augusto de Sousa Nogueira*
		Osvaldo Sena Guimarães*
		José Felipe Dias*
<a href="#">APO15</a>	Detecção de pessoas por meio de cascata de classificadores e descritor Hog para dispositivos móveis	Cleiton Silva Tavares
		Marco Túlio A. N. Rodrigues*
		César Augusto de Oliveira Soares
<a href="#">APO16</a>	Redução das perdas metálicas geradas no processo de laminação da ArcelorMittal Itaúna - MG	Raiane Aparecida Oliveira
		Márcio Rezende
		Denilson José do Carmo*
<a href="#">APO17</a>	Sensoriamento participativo na composição de pontos de interesse	Marina Iolanda Oliveira
		Felipe Domingos da Cunha*
<a href="#">APO18</a>	Análise experimental de ensaios de iniciação de trinca por flexão alternada com detecção pela perda de estanqueidade	Tomás Pessoa Londe Camargos
		Saulo de Paiva Cabral
		José Felipe Dias*
		Ewerton Augusto de Sousa Nogueira*
		Denilson José do Carmo*
		Gabriel de Oliveira Ribeiro
Ana Maria Gontijo Figueiredo		



<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<a href="#">APO19</a>	Dimensionamento e simulação computacional de esforços mecânicos de dormentes de concreto protendido com e sem adição de fibras de aço	Aline de Sousa Ferreira
		Fernanda de Alcântara Souza
		Isabela Fernandes Faria
		Letícia Mesquita Silva
		Maria Theresa Alves Nogueira
		Tânia Nogueira Fonseca Souza*
<a href="#">APO20</a>	Tradução de Libras por imagem	Daniel Rodrigo S. Ribeiro
		Marco Túlio A. N. Rodrigues*
<a href="#">APO21</a>	Óleo Vivo – Programa de conscientização, coleta e beneficiamento de óleos e gorduras residuais, com propósito de produção de biodiesel	Alex Nogueira Brasil*
		André Nogueira Brasil
		Bruna Scarpelli
		Camilla Paixão Neves
		Fabício Pereira Costa
		Karina Ingrid Rezende
		Héilton Gilmar Coutinho Júnior
		Fernanda Mara Tomaz Pereira
		Larissa Conceição Gonçalves
		Luciana Rodrigues dos Santos
		Wilker Egg Henriques Gomes
<a href="#">APO22</a>	Otimização do processo de produção de biodiesel de óleos residuais em escala piloto através de rota inovadora utilizando irradiação ultrassônica para uso em motores de veículos da frota de mineração	Alex Nogueira Brasil*
		Fabício Pereira Costa
		Luiz Felipe de Sousa Santana
		Raquel Tomaz Alves
		Geraldo do Carmo Santos Oliveira
		Leandro Sávio da Costa Rocha
		Guilherme Geraldo Faria Alves
		Alan Henrique Pereira Malta8
		Matheus Camargos Santos Silqueira
		Mário Sérgio Dutra Campidelli
Alisson Rodrigues de Moraes		
<a href="#">APO23</a>	Técnica MITM para análise de segurança em redes públicas	Isadora de Oliveira
		Dalmy Freitas de Carvalho Júnior*



<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<a href="#">APO24</a>	O observatório astronômico como espaço não formal de educação: apoio ao ensino de ciências	Osmando Barbosa da Silva Ribeiro*
		Priscila da Silveira Chaves
		José Afonso Lelis Junior
		Héilton Gilmar Coutinho Júnior
		Paulo Alfredo Gonçalves Penido*
		Ewerton Augusto Souza Nogueira*
<a href="#">APO25</a>	Aplicando interoperabilidade semântica em aplicações móveis	Alex Alves Silva
		Felipe Cunha
		Marco Túlio A. M. Rodrigues*
<a href="#">APO26</a>	Melhoria contínua ambulante: metodologia participativa para análise e solução de problemas aplicada ao nível operacional em tempo real	Amanda Pereira Malta
		Cristiane Caetano Alves
		Gilson Marques Pinheiro*
		Henrique Bernardes de Carvalho Neto
<a href="#">APO27</a>	Redução do índice de reprovação de nuança da cor de tecidos acabados	Débora Esteves Rodrigues
		Gilson Marques Pinheiro*
		Jeferson Laporais da Silva
		Geraldo Nilton de Oliveira
<a href="#">APO28</a>	Análise da repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados de ensaio de cores de tecidos tintos	Leigiane Mara de Sousa Santos
		Gilson Marques Pinheiro*
		Jeferson Laporais Silva

\* Professor orientador



## TRABALHOS APRESENTADOS NA FORMA DE PÔSTER

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<a href="#"><u>P1</u></a>	Aprendizagem visual com redes neurais convolucionais aplicados ao modelo de navegação autônoma	Vinícius Avelino Alcântara Marco Túlio A. N. Rodrigues *
<a href="#"><u>P2</u></a>	Impressora 3D para multimateriais: projeto, construção, operação, controle e validação de peças e próteses fabricadas	Augusto Camargos da Silva Filho Dierval Donizete Paixão Borges Gustavo Nogueira Barros João Pedro Paulino Martins Juventino Feitosa de Camargos Mário Sérgio D. Campideli Luciana Rodrigues dos Santos Alecir Silva* Ewerton Augusto de Sousa Nogueira* José Felipe Dias*
<a href="#"><u>P3</u></a>	Exploração de faixas musicais para estimar a semelhança em contornos melódicos	Raphael Souza Marco Túlio A. N. Rodrigues*
<a href="#"><u>P4</u></a>	Melhoria no processo produtivo em uma fábrica de chicote automotivo utilizando métodos de estudo de tempos e movimentos	Fernando César Franco* Raquel Duarte Nogueira
<a href="#"><u>P5</u></a>	Implantação de um portal colaborativo para melhoria no atendimento a clientes de um sistema empresarial de software	Ana Paula Aguiar dos Santos Fernando César Franco* Luane Duarte Campos Tânia Nogueira Fonseca Souza*
<a href="#"><u>P6</u></a>	Reutilização de areia de fundição na fabricação de tijolos para a construção civil	Amanda Oliveira e Souza Augusto Marra de Sousa Moreira Matheus Robinson Rosa Sheila Cristina Rodrigues Osvaldo Sena* Tânia Nogueira Fonseca Souza*
<a href="#"><u>P7</u></a>	Eficiência energética aplicada ao sistema pneumático para indústria moveleira	Geraldo do Carmo Santos Oliveira Juliano Daniel Simeão* Marlon Antônio Pinheiro*
<a href="#"><u>P8</u></a>	Aplicação do sistema de gestão da confiabilidade via web em uma frota veicular	Geraldo do Carmo Santos Oliveira Daniel Henrique de Castro Juliano Daniel Simeão* Marlon Antônio Pinheiro*



<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>
<a href="#">P9</a>	Modelos didáticos para o ensino de Análise Estrutural	Aguinaldo Sérgio Andrade Moreira
		Amanda Marta Nogueira Silva
		Talita Rates Moreira
		Filipe Emanuel Souza Anacleto*
<a href="#">P10</a>	Influência da temperatura de austenitização no crescimento de grãos austeníticos em liga fundida de aço ao carbono	Reyler Bueno Faria
		Wender Raimundo Gontijo
		Fábio Sander Prado Guimarães*
<a href="#">P11</a>	Captura e armazenamento do dióxido de carbono por absorção química em solução amina	Flávio França Vasconcelos
		Karina Ingrid Rezende
		Gustavo Nogueira Barros
		Matheus Camargos Santos Silqueira
		Brendon Wallace Menezes
		Maria Luiza Tadeu de Oliveira
		Marco Túlio Silva Menezes
		Sabrina Nogueira Rabelo*
		José Felipe Dias*
Ewerton Augusto de Sousa Nogueira*		
<a href="#">P12</a>	Ensaio de fadiga por flexão alternada em chapa soldada em junta de topo.	José Afonso Lelis Junior
		Brendon Wallace Menezes
		Ewerton Augusto de Sousa Nogueira *
		José Felipe Dias*
		Denilson José do Carmo*
<a href="#">P13</a>	Realidade Virtual por meio de Detecção de Sinapses: Novo Grau de Imersão	Raphael Schmitt de Oliveira Santos
		Marco Túlio A. M. Rodrigues*
<a href="#">P14</a>	Teclado inteligente multifuncional (TIX)	Adriano Rabelo de Assis
		Gleison Fernandes de Faria
		Juliano Daniel Simeão*
<a href="#">P15</a>	Máquina de ensaio de desgaste: pino-sobre-disco	Mateus Henrique Ribeiro
		Matheus Henrique Gonzaga Niterói
		Ewerton Augusto de Sousa Nogueira *
		José Felipe Dias*
		Denilson José do Carmo*

\* Professor orientador



## **A influência das variabilidades na carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo**

Charlene Pereira Soares<sup>1</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>2</sup>

Pamella Jokasta Silveira Souza<sup>3</sup>

**Resumo:** O controle de tráfego aéreo situa-se num cenário complexo, repleto de variabilidades e imprevisível, onde o trabalhador deve garantir a preservação de bens materiais e, sobretudo, da vida humana, o que pode gerar carga cognitiva expressiva. Neste contexto, realizou-se um estudo de caso numa torre de controle de aeródromo embasado nos fundamentos da análise ergonômica do trabalho, com o objetivo de compreender como são enfrentadas as variações de situações e quais são as conseqüências à saúde e à produtividade. Notou-se que o fator técnico que altera a carga de trabalho dos controladores de vôo de forma significativa é o grande número de aeronaves nos horários de pico e quanto ao fator organizacional são as informações recebidas na língua inglesa que não constam na fraseologia da norma vigente. O fator humano é o que mais gera sobrecarga de trabalho nos controladores de vôo, destacando o atrito com pilotos de aeronaves. Apesar da organização do trabalho do controlador de vôo na unidade estudada encontrar-se adequada para garantir a preservação da saúde e a obtenção de resultados positivos, a análise dos resultados indicou a existência de oportunidades de melhoria e a necessidade de atenção quanto às condições ergonômicas.

**Palavras-chave:** Controlador de tráfego aéreo. Variabilidades. Carga de trabalho. Ergonomia cognitiva.

1. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, charlenepsoares@yahoo.com.br.

2. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

3. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, pamellajokasta@hotmail.com.

### **1. Introdução**

A inovação tecnológica e a modernização da aviação possibilitaram maior facilidade no alcance de regiões mais distantes, seja para transporte de cargas ou passageiros das diversas classes sociais, e desta forma ocasionou o aumento da procura e do tráfego aéreo.

Tendo em vista que o sistema de controle do tráfego aéreo atualmente compõe um cenário complexo, imprevisível e repleto de riscos, torna-se necessário a este sistema requerer profissionais extremamente preparados. Além da capacidade de aplicar os conhecimentos técnicos adquiridos durante a formação, estes devem possuir características cognitivas adequadas para conviver em um ambiente com diversas e numerosas informações e responsabilidades sem colocar em risco a vida humana.

Contudo, ao se considerar que nem todos os profissionais se adaptam bem a situações que contribuem para o estresse, a ergonomia surge com o objetivo de adequar o trabalho ao homem, de modo a promover a segurança e preservar a integridade física e mental.



Diante deste contexto, o presente estudo de caso objetiva analisar o trabalho dos controladores de tráfego aéreo em uma torre de controle de aeródromo para compreender como são enfrentadas as adversidades e as variabilidades das situações de trabalho e quais são as conseqüências relacionadas à saúde e à produtividade, além de estimular e contribuir para novas discussões sobre o tema.

## 2. Metodologia

Este estudo foi realizado utilizando-se a análise ergonômica do trabalho (AET). A palavra ergonomia vem do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (legislação, normas) e pode ser brevemente definida como uma ciência da configuração do trabalho adaptada ao homem (GRANDJEAN, 1998).

A origem e a evolução da ergonomia estão relacionadas às transformações tanto socioeconômicas quanto, principalmente, tecnológicas. A interação do ser humano com seu trabalho tem passado por modificações profundas: da produção artesanal à automação, informatização e robótica e; da relação direta com os meios de trabalho e com as pessoas às relações virtuais (RIO & PIRES, 1999).

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) *apud* Iida (2005) define a ergonomia como “a interação das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem estar e a eficácia das atividades humanas.”

Para Laville (1977), a ergonomia pode ser definida como um “conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção”.

A ergonomia objetiva conservar e melhorar a saúde dos trabalhadores e conceber e manter o funcionamento satisfatório do sistema técnico do ponto de vista da produção e da segurança (WISNER, 1994), visando projetar e / ou adaptar situações de trabalho compatíveis às capacidades do ser humano e respeita os limites do mesmo, de modo a reconhecer a premissa ética da primazia do homem, cujo bem estar deveria ser o objetivo maior da produção, uma vez que um dado trabalho pode adaptar-se ao ser humano (ABRAHÃO *et al*, 2009).

Especificamente, neste trabalho, o foco é o estudo da carga de trabalho cognitiva, entendendo como carga de trabalho o custo do trabalho para o organismo do trabalhador, sendo definida por meio da relação entre a carga funcional e a capacidade do trabalhador (BROUHA, 1957 *apud* ABERGO, 2007).

Sobrecarga de trabalho indica a necessidade de reajustar a organização do trabalho ou as tarefas, mantendo assim maior integridade da saúde do trabalhador e, conseqüentemente, a qualidade e produtividade do trabalho (ABRAHÃO *et al*, 2009).

Ao analisar a carga de trabalho, identificam-se os constrangimentos e o esforço realizado pelo trabalhador. Os constrangimentos estão relacionados à tarefa (objetivos, procedimentos, cadência, equipamentos, etc) e causam desgastes e custos para o indivíduo; enquanto que o esforço está relacionado à atividade e é devido ao grau de mobilização (físico, cognitivo, psíquico) do trabalhador (FALZON, 2005).





Percebe-se então que são os constrangimentos acumulados na realização da tarefa que causam as sobrecargas no trabalhador. Dependendo do grau de exigência do esforço humano, as consequências da sobrecarga podem ser graves, podendo gerar doenças físicas e mentais, acidentes, fadiga, sofrimento, desinteresse, estresse, etc. (PINHEIRO, 2009).

Outro aspecto que pode gerar sobrecarga é a existência de variabilidades nas situações de trabalho (ABRAHÃO *et al*, 2009). As tarefas a serem cumpridas são influenciadas por vários fatores e nem todos são prescritos ou previstos pela empresa exigindo assim, na maioria dos casos, um planejamento quase que instantâneo e grande esforço para o cumprimento das tarefas.

Para amenizar o excesso de carga na execução da tarefa, e ao mesmo tempo atingir os objetivos, o trabalhador cria estratégias ou modos operatórios considerando a margem de manobra (GUÉRIN, 2001).

Esta „margem de manobra“ diz respeito às demandas internas e externas de regulação das variáveis presentes no processo de trabalho e às possibilidades de flexibilização da atividade de trabalho, ou dos modos operatórios que configuram a dinâmica da atividade de trabalho (ECHTERNACHT, 1998, p. 38).

Abrahão (2009, p. 167) entende os modos operatórios como sendo “um processo de regulação desenvolvido pelo trabalhador, visando organizar suas competências para responder às exigências da tarefa e aos seus limites pessoais”.

A noção de “carga de trabalho”, do nosso ponto de vista, pode ser interpretada a partir da compreensão da margem de manobra da qual dispõe um operador num dado momento para elaborar modos operatórios tendo em vista atingir os objetivos exigidos, sem efeitos desfavoráveis sobre seu próprio estado. Uma “carga de trabalho” moderada corresponde a uma situação em que é possível elaborar modos operatórios que satisfaçam a esses critérios e alternar as maneiras de trabalhar. O aumento da “carga de trabalho” se traduz por uma diminuição do número de modos operatórios possíveis: é cada vez menor o número de maneiras possíveis de se organizar (GUÉRIN, 2001, p. 67).

Assim, como esta pesquisa se trata de carga de trabalho cognitiva, é oportuno ratificar que cognição humana é “um conjunto de processos mentais que permite às pessoas buscar, tratar e utilizar diferentes tipos de informações do ambiente” (ABRAHÃO *et al*, 2009, p. 148). Neste sentido, o estudo da cognição humana torna-se importante na medida em que todo trabalho exige o processamento de informações daqueles que o executa (ABRAHÃO *et al*, 2009).

A ergonomia cognitiva é “uma disciplina científica que estuda os aspectos de condutas e cognitivos da relação entre o homem e os elementos físicos e sociais do ambiente, quando esta relação está mediada pelo uso de artefatos” (CAÑAS & WAERNS, 2001, p. 4). Tem como propósito compreender a expressão da cognição do indivíduo no seu trabalho (ABRAHÃO *et al*, 2009), além de “desenvolver estudos que permitam conceber novos métodos de análise e modelos explicativos da atividade cognitiva em contexto de trabalho” (ABRAHÃO *et al*, 2009, p. 154).

Para a *International Ergonomics Association* (2000) *apud* Falzon (2005, p. 5) a ergonomia cognitiva “trata dos processos mentais, tais como a percepção, a memória, o raciocínio e as respostas motoras, com relação às interações entre as pessoas e outros componentes de um sistema”.



O papel da ergonomia cognitiva não é estabelecer uma teoria para melhorar o desempenho da cognição humana, mas sim tornar soluções tecnológicas mais acessíveis e menos desgastantes para o usuário (MARMAHAS & KONTOGIANNIS, 2001), descrevendo o modo como os trabalhadores reagem diante da carga de trabalho e como esta afeta os resultados produtivos.

Portanto, a AET possibilita a compreensão de aspectos determinantes que compõem as situações de trabalho. Conforme Guérin *et al.* (2001), a análise ergonômica é desdobrada em cinco grandes etapas: análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações. As três primeiras estruturam um embasamento para a construção do diagnóstico e consequente formulação das recomendações ergonômicas.

A coleta de dados foi feita através de entrevistas, observação direta da situação real de trabalho e consulta a normas e registros internos da empresa considerados relevantes para o estudo.

Funcionários da torre de controle foram selecionados aleatoriamente para responderem a dois questionários estruturados, onde foram abordadas questões para se identificar a visão dos controladores sobre a situação de trabalho e fatores de sobrecarga. No primeiro, foram estabelecidas perguntas abertas que contemplavam a organização do trabalho (tecnologia, recursos, método, densidade do trabalho, divisão do trabalho); a satisfação com o trabalho (identidade com a tarefa, autoridade, criatividade, retro informação); o ambiente social do trabalho (relacionamento interpessoal, controle do trabalho); os valores (ética e coerência); a carga de trabalho (apoio, mecanismos de regulação); o ambiente físico (condições ambientais e posto de trabalho) e as características intrínsecas da atividade (estratégias e variabilidades).

Já o segundo questionário abordava fatores de sobrecarga do ponto de vista técnico, organizacional e humano onde os entrevistados deveriam classificar as diversas situações de trabalho quanto aos níveis de desgaste, tensão e atenção.

Foi firmado um termo de consentimento e confidencialidade garantindo o sigilo quanto à identidade dos controladores de voo e à empresa estudada, e autorizando a divulgação dos depoimentos obtidos através das entrevistas.

Para se evitar constrangimentos e também para não interferir na rotina normal de trabalho, as entrevistas ocorreram em local externo ao ambiente de trabalho.

### **3. Análise ergonômica do controle de tráfego aéreo**

#### **3.1 Contexto do estudo**

O principal objetivo do controle de tráfego aéreo é garantir voos seguros, regulares e eficazes, sempre com respeito às condições meteorológicas predominantes e às limitações operacionais da aeronave. No Brasil este serviço está embasado nas normas e métodos recomendados pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) que é responsável por administrar um território aéreo total de 22 milhões de km<sup>2</sup> (BRASIL, 2010).

Ao ser tratado sob um ponto de vista macro, o controle de tráfego aéreo é comandado por um conjunto de quatro unidades de monitoramento que se integram para cobrir todo o território nacional. Cada unidade regional do sistema é denominada Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTA). Estes são órgãos subordinados ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que por sua vez responde diretamente



ao Comando da Aeronáutica.

O controle de tráfego aéreo, propriamente dito, se dá através da junção de três órgãos: Centro de Controle de Área (ACC), Centro de Controle de Aproximação (APP) e a Torre de Controle de aeródromo (TWR). O ACC fornece o serviço às aeronaves que estão no voo em rota, de modo a garantir a separação entre as mesmas com segurança, enquanto que o APP fornece o serviço às aeronaves em fase de execução de procedimentos para a chegada ou partida ao aeródromo, objetivando a separação de outras aeronaves ou obstáculos. Já a torre de controle de aeródromo, foco do presente estudo, fornece o serviço a todas as aeronaves que estiverem nas fases de manobra, decolagem, pouso ou sobrevoos do aeródromo, buscando evitar a ocorrência de colisões com outras aeronaves, obstáculos e veículos durante a movimentação em solo (BRASIL, 2010).

Julga-se importante esclarecer que aeródromo deve ser entendido como a “área definida de terra ou de água (que inclui todas suas edificações, instalações e equipamentos) destinada total ou parcialmente à chegada, partida e movimentação de aeronaves na superfície” (BRASIL, 2009).

Os controladores coordenam o espaço visual em torno do aeródromo num raio de 5 km através de informações e autorizações aos pilotos e transferem as aeronaves para outros centros de controle após as mesmas ultrapassarem este limite (REBELLO, 1997).

### **3.2 Descrição do cenário produtivo e análise da tarefa**

O processo de trabalho na torre de controle de aeródromo consiste em coordenar o espaço visual em torno do aeródromo, num raio de 5 km, através da transmissão de informações e autorizações a pilotos de aeronaves que estiverem nas fases de manobra, decolagem, pouso ou em voo nos circuitos de tráfego do aeródromo. Tem como objetivo evitar a ocorrência de colisões entre aeronaves, obstáculos e veículos durante a movimentação em solo e tem como meta zero incidente e acidente. Para atingir tal meta, o trabalho é prescrito em normas e procedimentos e amparado por diversos recursos e equipamentos.

A Torre de Controle de Aeródromo estudada opera 24 horas por dia e seu quadro efetivo de controladores é formado por 21 profissionais, sendo 9 mulheres e 12 homens, distribuídos em escala e em 3 turnos de trabalho. Cada controlador tem direito a 2 horas de descanso por turno e as escalas de folgas não obedecem a uma regra específica.

A população trabalhadora possui idade entre 20 e 43 anos, com experiência na função variável entre 2 e 30 anos. Nota-se que a maior parte destes profissionais iniciou a carreira na empresa já nesta função. Com relação à escolaridade, a maioria dos controladores possui ensino médio, nível mínimo exigido para a ocupação do cargo.

Quanto às características consideradas essenciais para o desempenho das funções do controlador de tráfego aéreo podem ser destacadas a facilidade e clareza para se comunicar, capacidade de raciocínio rápido, boa visão espacial e equilíbrio emocional.

Quanto ao ambiente físico, a torre de controle possui uma estrutura arquitetônica que possibilita ao controlador uma visão de 360° do espaço aéreo e do solo. A sala de controle possui cerca de 80 metros quadrados, com vidros em todo o espaço revestidos por insulfilm, iluminada artificialmente e considerada pelos controladores como adequada. A temperatura do ambiente é mantida em torno de 19°C com o auxílio de ar condicionado, uma vez que esta



é uma das exigências para se garantir o funcionamento perfeito dos radares.

Os ruídos mais comuns são os provenientes dos aviões que passam paralelamente à torre quando em processo de pouso e decolagem, porém sem gerar desconforto aos controladores. Além destes, há também ruídos da frequência UHF e VHF emitidas pelos equipamentos, toques de telefone e eventualmente de um alarme que é acionado sempre que alguma parte do sistema falha.

### 3.3 Análise da atividade e demonstração dos resultados

Através da observação direta do posto de trabalho, constatou-se que os controladores exercem suas funções de forma tranquila, e realizam suas tarefas de acordo com as normas estabelecidas pela empresa. Quando existe alguma dúvida para a execução de alguma tarefa, os demais se dispõem para assistir aquele que precisa. Os controladores apresentam-se concentrados e seguros para a realização das atividades, e quando finalizadas, o clima entre eles é bastante calmo e descontraído. Observou-se também o rodízio de funções e paradas para repouso.

No que diz respeito à organização do trabalho, nota-se através das entrevistas que todos os controladores de voo aprovam a eficiência dos equipamentos oferecidos para a execução das tarefas, porém descrevem que os mesmos não se encontram bem dispostos fisicamente.

Os equipamentos são todos de boa qualidade, porém não quanto à disposição física (...). Em virtude da incidência da luz solar, o posicionamento dos monitores e dos sistemas de comunicação rápida é incoerente (...). A disposição dos monitores atrapalha a visualização do aeródromo. A posição do equipamento de demonstração de vento fica em uma posição que dificulta a observação pelo operador dentro da torre de controle (CONTROLADOR 1).

De acordo com os controladores de voo, as normas e métodos para o cumprimento das tarefas e alcance dos resultados são bem detalhados, e “nor-teiam exatamente como devem ser executadas as tarefas” (CONTROLADOR 2). A gestão do trabalho na empresa é boa para a maioria. Os próprios controladores organizam a estrutura de trabalho. “Nós mesmos organizamos o nosso horário e revezamento, sem nenhuma regra específica” (CONTROLADOR 3). Eles afirmam que a única meta exigida pela empresa é a zero acidente e zero incidente.

Em relação à intensidade e ao ritmo de trabalho dos controladores, todos dizem serem variáveis; a intensidade podendo ser de baixa a estressante, e o ritmo de constante a mais intenso. “Depende do tráfego aéreo... Nos horários de pico o trabalho fica mais puxado, estressante. Quando a movimentação de aeronaves é baixa, o serviço fica mais tranquilo” (CONTROLADOR 4). Quando há aumento de trabalho, os controladores recebem auxílio de outros. Eles afirmam que o quadro de funcionários é “bem enxuto”, o que prejudica o tempo de repouso que eles devem fazer. “Na nossa torre de controle o número de operadores é o mínimo operacional necessário, necessitando de um número maior para que exista um descanso funcional” (CONTROLADOR 1).

Quanto à comunicação, todos os entrevistados disseram que é boa e eficiente, tanto entre colegas de trabalho quanto em sistemas e entre setores. Também disseram que foram bem treinados para a execução das tarefas, uma vez que “eles (a empresa) sabem que essa função não deve ser ocupada por qualquer um; a preparação e formação são bem focadas e



seletivas” (CONTROLADOR 4).

A maioria dos entrevistados disse que o que pode dificultar a execução de suas tarefas é a ocorrência de defeitos que acontece eventualmente nos equipamentos.

Quanto à satisfação no trabalho, todos os entrevistados gostam do que fazem e acham o trabalho interessante. “É o meu trabalho que orienta os pilotos e auxilia o tráfego aéreo do Brasil inteiro” (CONTROLADOR 2). Eles expressam a motivação e prazer em exercer uma função que gera segurança a várias pessoas. “Gosto muito de tudo que faço. A possibilidade de exercer uma função de extrema importância no transporte aéreo... Sem nós controladores como seriam os voos?” (CONTROLADOR 3).

Todos têm autonomia para tomarem decisões durante o trabalho, mas ao mesmo tempo suas ações são limitadas às normas vigentes, o que dificulta a execução de procedimentos próprios. “Temos regras a serem seguidas inclusive em situações difíceis” (CONTROLADOR 2).

Quando questionados sobre o ambiente social e a ética no trabalho, todos os controladores entrevistados não se queixam do relacionamento entre os colegas, das divergências de opinião e da comunicação entre eles. As normas são sempre cumpridas e os mesmos não fazem e nem fizeram nada que julgassem errado durante o exercício da função.

Em relação à carga de trabalho, nota-se que os horários de pico geram sobrecarga nos controladores, pois “ocorre aumento do número de operações... pousos, decolagens...” (CONTROLADOR 3). Outro fator citado que também altera o nível de tensão ou cansaço físico são as mudanças climáticas. Demais situações, como tempo para a execução das tarefas e dificuldades para realização de alguma atividade, são consideradas normais para os entrevistados, e não geram sobrecarga para os mesmos.

Quanto ao ambiente físico os controladores se queixam da má distribuição dos equipamentos na área de trabalho, pois dificulta a visibilidade do aeródromo. Também citam que alguns móveis não estão em boas condições de uso. “Algumas cadeiras não estão em boas condições de uso. E a distribuição dos equipamentos poderia ser melhor” (CONTROLADOR 4). As condições ambientais, como ruídos, temperatura ambiente e iluminação são confortáveis. “Não se tem reclamações quanto à iluminação. Os ruídos existentes são os de telefone, frequências... Também são toleráveis, sem incômodo. A temperatura deve estar sempre controlada por ar condicionado devido aos equipamentos, então é constante... Sem problemas” (CONTROLADOR 3).

Em se tratando das características intrínsecas da atividade, os entrevistados relatam que executam suas tarefas de acordo com os procedimentos estabelecidos e que sempre mantêm o desempenho constante, uma vez que todas as tarefas devem gerar segurança aos envolvidos. Porém, algumas vezes, o desempenho diminui em função do cansaço.

Todos os controladores realizam suas tarefas fazendo movimentos de rotação, flexão e extensão da cabeça; flexão, abdução e rotação dos braços e rotação do tronco. As estratégias adotadas pelos entrevistados a fim de evitar lesões são “adotar uma postura ergonômica adequada e evitar movimentos exagerados” (CONTROLADOR 1) e “manter o equilíbrio... calma... em todas as situações” (CONTROLADOR 2).

A maioria dos entrevistados diz que se sente mais tensa quando o tráfego aéreo



umenta. Ressalta-se que para um dos controladores entrevistados o aumento do tráfego aéreo não implica em sobrecarga. “Prefiro trabalhar com grande número de aeronaves para o tempo passar mais rápido e diminuir a monotonia. O que me deixa mais tenso é a degradação do sistema, como tempo, software, panes...” (CONTROLADOR 3). O número de aeronaves e as condições dos equipamentos definem o grau de dificuldade para a execução das tarefas. “Quando algum equipamento não está em condições normais para o trabalho, acaba atrapalhando o bom andamento do serviço, ou quando as condições climáticas não são favoráveis à boa execução do trabalho” (CONTROLADOR 4).

Para analisar e tratar estatisticamente os resultados obtidos através das entrevistas, onde foi utilizado o questionário fechado, foram atribuídas notas para as alternativas relativas ao nível de desgaste. Assim, os níveis baixo, médio, alto e muito alto receberam, respectivamente, os valores 1, 2, 3 e 4. A partir dessa atribuição de valor foram calculados a média e o desvio padrão das respostas obtidas. Além disso, foram definidos intervalos de valores onde, após a avaliação das respostas, seria possível definir o nível de desgaste da atividade dos controladores de voo e respectiva necessidade de tomada de ação.

De acordo com a TABELA 1, nota-se que os fatores técnicos que alteram a carga de trabalho dos controladores de voo de forma significativa são, na ordem, o grande número de aeronaves nos horários de pico e o grande número de coordenações, sendo que o nível de atenção está entre médio e alto. Diariamente são controlados cerca de 200 voos, sendo 60% destes em horário de pico que é compreendido entre 7h00 às 11h00, 14h00 às 15h30min e de 19h00 às 21h30min.

TABELA 1 – Fatores técnicos de sobrecarga

FATORES TÉCNICOS DE SOBRECARGA	Nível de atenção / tensão / desgaste					
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo	MÉDIA ( $\bar{x}$ )	DESVIO PADRÃO (S)
1. Grande número de aeronaves	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
2. Grande número de coordenações	0%	0%	100%	0%	2,0	0
3. Preenchimento de <i>strip</i> manual	0%	0%	0%	100%	1,0	0
4. Problemas de frequência para comunicações	0%	0%	0%	100%	1,0	0
5. Frequentes informações meteorológicas	0%	0%	0%	100%	1,0	0
<b>Média Geral ( <math>\bar{x}</math> )</b>	<b>1,5</b>					

O fator organizacional que gera maior nível de sobrecarga nos controladores são as informações recebidas na língua inglesa e que não constam na fraseologia da norma vigente, onde o nível de desgaste para 75% dos entrevistados chega a ser muito alto. Outro fator que altera significativamente a sobrecarga de trabalho é a escala de trabalho alternada, que apresenta nível de tensão entre alto e muito alto para a maioria dos entrevistados. O horário de trabalho em fins de semana ou feriados e o trabalho no terceiro dia consecutivo indicam grande variabilidade de opiniões, o que mostra a singularidade da carga de trabalho. A TABELA 2 detalha os fatores analisados, com seus respectivos percentuais e médias.



TABELA 2 – Fatores organizacionais de sobrecarga

FATORES ORGANIZACIONAIS DE SOBRECARGA	Nível de atenção / tensão / desgaste					
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo	MÉDIA ( $\bar{x}$ )	DESVIO PADRÃO (S)
1. Trabalho sozinho	0%	0%	75%	25%	1,8	0,5
2. Frequentes reordenações de níveis entre setores e / ou órgãos	0%	0%	0%	100%	1,0	0
3. Necessidade de tomada de decisão extremamente rápida	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
4. Aeronave com enfermo a bordo	0%	0%	0%	100%	1,0	0
5. Trabalho no turno da manhã	0%	0%	50%	50%	1,5	0,58
6. Trabalho no turno da tarde	0%	0%	0%	100%	1,0	0
7. Trabalho no turno da noite	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
8. Escala de trabalho alternada	25%	50%	25%	0%	3,0	0,82
9. Trabalho em finais de semana ou feriado	25%	25%	25%	25%	2,5	1,29
10. Trabalho no terceiro dia consecutivo	0%	25%	25%	50%	2,0	1,15
11. Escala militar e operacional	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
12. Comunicação em língua estrangeira	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
13. Informações em inglês fora da fraseologia	75%	25%	0%	0%	3,8	0,5
14. Aeronave com autoridade a bordo	0%	0%	75%	25%	1,8	0,5
<b>Média Geral (<math>\bar{x}</math>)</b>	<b>2,1</b>					

De acordo com a TABELA 3, os fatores humanos são os que mais geram sobrecarga de trabalho nos controladores de voo, onde o que gera maior nível de tensão nestes é o atrito com pilotos de aeronaves. Eles relatam que isso ocorre porque alguns pilotos pensam que têm mais autonomia para a execução das suas tarefas, e não compreendem que os mesmos dependem do comando dos controladores, que gerenciam não apenas um avião, mas sim vários simultaneamente. Outros fatores constatados com alto nível de desgaste entre os controladores são o trabalho após uma noite de sono ruim e o trabalho com algum problema pessoal.

TABELA 3 – Fatores humanos de sobrecarga

FATORES HUMANOS DE SOBRECARGA	Nível de atenção / tensão / desgaste					
	Muito alto	Alto	Médio	Baixo	MÉDIA ( $\bar{x}$ )	DESVIO PADRÃO (S)
1. Atrito com piloto de aeronave	50%	50%	0%	0%	3,5	0,58
2. Operando em um setor em que já se envolveu em risco de incidente	0%	25%	75%	0%	2,3	0,5
3. Problemas de interação com supervisor ou colegas	0%	25%	75%	0%	2,3	0,5
4. Trabalho com problema pessoal	0%	50%	50%	0%	2,5	0,58
5. Trabalho após uma noite de sono ruim	0%	75%	25%	0%	2,8	0,5
6. Presença de chefia direta no setor ou presença de comando	0%	0%	100%	0%	2,0	0
<b>Média Geral (<math>\bar{x}</math>)</b>	<b>2,5</b>					

Assim, observa-se através da FIGURA 1 que dos três fatores de sobrecarga analisados, o que apresentou maior nível de exigência e desgaste para os controladores entrevistados foi o

relativo aos fatores humanos.

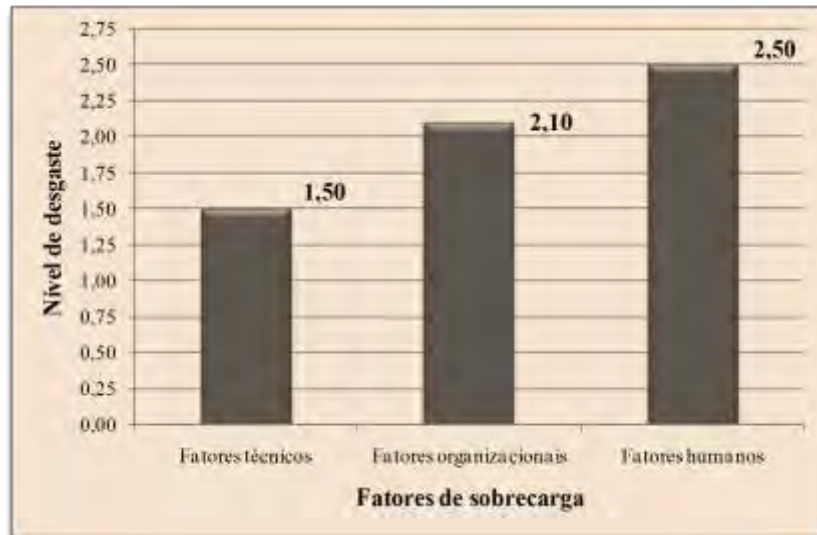


FIGURA 1 – Relação do nível de desgaste por fator de sobrecarga

A FIGURA 2 apresenta o valor da média geral dos três fatores de sobrecarga avaliados, que equivale a 2,03, indicando a necessidade de atenção quanto às condições ergonômicas.

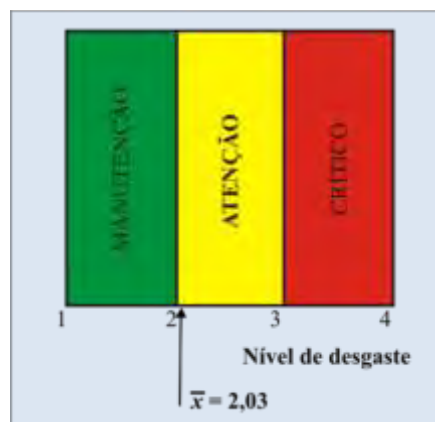


FIGURA 2 – Nível geral de desgaste

#### 4. Discussão

Após a análise dos dados foram constatadas possibilidades de melhorias quanto aos fatores organizacionais e humanos. Há necessidade de adequação do número de controladores da torre e melhoria do leiaute, do mobiliário e da relação entre os pilotos e controladores.

Com o aumento do número de controladores os demais poderiam realizar o descanso operacional regularmente, de modo a preservar a integridade física e mental e sem comprometer o desenvolvimento da atividade. Além disso, a sobrecarga nos horários de pico poderia ser reduzida se houvessem mais profissionais disponíveis. Outro ponto a ser considerado é que o aumento do número de controladores possibilita a definição de escala de trabalho mais uniforme, com folgas constantes, estabelecidas e cumpridas no período determinado.





Quanto ao leiaute e ao mobiliário, propõe-se um estudo aprofundado para tratar estas questões. Ressaltam-se as queixas sobre a incidência da luz solar, o posicionamento dos monitores que dificulta a visualização do aeródromo, a posição e a forma de fixação do fone do telefone e cadeiras de difícil regulagem. É importante, também, se fazer análise das diversas posturas e movimentos adotados durante a realização das atividades.

Com relação ao recebimento de informações em inglês que não se encontram na fraseologia, apesar de ter sido considerado pelos controladores de voo como um fator que contribui para a sobrecarga cognitiva, não existem recomendações adicionais a serem feitas, a não ser reciclagens permanentes. Isto porque estes profissionais, após a integração ao quadro de pessoal, são matriculados em cursos de inglês pagos pelo Comando da Aeronáutica, que por sua vez apóia a qualificação e reconhece a importância da fluência no idioma para a execução da atividade.

Já no que diz respeito ao relacionamento entre piloto e controlador foi notado, através dos depoimentos, que este é um fator relevante e merece atenção, uma vez que eventuais atritos entre as partes refletem em grande desgaste aos controladores. Deste modo, recomenda-se a realização de um trabalho adequado para neutralizar ou minimizar estes efeitos através da valorização e promoção, sobretudo, do desenvolvimento do espírito de equipe.

## 5. Conclusão

O controle de tráfego aéreo situa-se num cenário repleto de variabilidades, onde o trabalhador diretamente ligado ao exercício desta função, embora diante da complexidade, deve garantir a total segurança dos envolvidos no tráfego aéreo. Tanta responsabilidade integrada aos diversos fatores que influenciam as atividades dos controladores de tráfego gera uma carga cognitiva significativa nos trabalhadores da torre de controle.

Após a coleta dos dados e análise dos resultados, conclui-se que a carga de trabalho é singular, variando de trabalhador para trabalhador. Como todos são diferentes e comportam-se de acordo com sua motivação, experiência, facilidades, etc., cada colaborador responde aos fatores de sobrecarga de forma distinta. Existem fatores que são comuns, porém a intensidade com que estes influenciam as pessoas envolvidas nunca será idêntica.

Para a execução das tarefas estabelecidas pela empresa, a margem de manobra dos controladores de voo é muito reduzida, o que diminui as possibilidades de utilização de modos operatórios para facilitar o desempenho das funções e reduzir os constrangimentos que estas geram. O cumprimento das prescrições é notório, uma vez que a legislação é bastante rigorosa.

Por se tratar de um cargo de alta responsabilidade e com inúmeras variabilidades, ressalta-se a importância de se treinar bem os colaboradores. A capacitação e treinamento adequados dos controladores de voo garantem o bom desempenho da função, além de oferecer segurança àqueles que dependem do transporte aéreo.

Os principais fatores de sobrecarga cognitiva dos controladores de voo da unidade estudada foram: o número elevado de aeronaves no horário de pico; a escala alternada de trabalho; a recepção de informações em inglês que não se encontram na fraseologia; e a relação entre controladores e piloto.



O leiaute é outro fator que prejudica a boa execução do trabalho, tanto na visão ergonômica quanto na visão produtiva. A disposição do mobiliário dificulta a boa visibilidade do aeródromo, além de permitir a incidência de raios solares nos monitores dos equipamentos, incomodando os controladores na execução de suas tarefas.

A sobrecarga cognitiva gerada pelas imprevisibilidades é compensada pela grande satisfação em promover segurança à vida humana, tanto dos que estão presentes nas aeronaves quanto daqueles que se encontram no solo. A paixão pelo que fazem torna os controladores mais focados na execução de suas tarefas.

Portanto, apesar da organização do trabalho do controlador de voo na unidade estudada encontrar-se adequada para garantir a preservação da saúde dos trabalhadores e a obtenção de resultados positivos, ainda existem oportunidades de melhoria e a necessidade de atenção quanto às condições ergonômicas.

## Referências

- ABRAHÃO, J. et al. *Introdução à ergonomia: da prática à teoria*. São Paulo: Edgar Blucher, 2009.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. *Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo*. ICA 100-12, Brasília: Ministério da Defesa, 2009. 281p.
- BRASIL. DECEA. *Gerenciamento de tráfego aéreo*. Disponível em: <<http://www.decea.gov.br/espaco-aereo/gerenciamento-de-trafego-aereo/>>. Acesso em: 15 fev 2010.
- CAÑAS, J. J.; WAERNS, Y. *Ergonomia cognitiva: aspectos psicológicos de La interacción de las personas con La tecnología de La información*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, S. A., 2001.
- ECHTERNACHT, E. H. O. *A produção social das lesões por esforços repetitivos no atual contexto da reestruturação produtiva brasileira*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998. 185 p.
- FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.
- GRANDJEAN, E. *Manual da ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 4 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 1998.
- GUÉRIN, F. et al. *Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.
- IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.
- LAVILLE, A. *Ergonomia*. São Paulo: EPU, 1977.
- MARMARHAS, N.; KONTOGIANNIS, T. Cognitive Task. In: SALVENDY, G. *Handbook of industrial engineering*. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- PINHEIRO, G. M. *Ergonomia, saúde e segurança I*. Itaúna: Faculdade de Engenharia da Universidade de Itaúna, 2009. (Notas de aula).
- REBELLO, L. H. B. *O controle de tráfego aéreo numa perspectiva contemporânea em Engenharia de Produção*. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- RIO, R. P.; PIRES, L. *Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica*. 2 ed. Belo Horizonte: Editora Health, 1999.
- WISNER, A. *A inteligência do trabalho: textos selecionados de ergonomia*. Tradução por Roberto Leal Ferreira. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994. 191 p.



## **Análise de posturas e de levantamento de cargas para melhoria ergonômica de postos de trabalho do setor de acabamento de uma fundição**

Natália Fernanda Santos Pereira<sup>1</sup>

Daniela Araújo Viriato<sup>2</sup>

Eriane Cristine da Fonseca Silva<sup>3</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>4</sup>

**Resumo:** O setor de acabamento de uma fundição é caracterizado pela existência de trabalho pesado. O levantamento de cargas excessivas, as posturas e movimentos inadequados - necessários para manusear lixadeiras e peças fundidas - apresentam riscos à saúde do trabalhador na empresa pesquisada. Nesse contexto, foi realizada análise ergonômica do trabalho (AET) em dois postos de trabalho, utilizando especificamente a equação de NIOSH e o método OWAS. Por meio da aplicação da equação de NIOSH verificou-se a existência de sobrecarga física, pois o índice de levantamento composto (ILC) está acima de 3, indicando elevado risco de lesão. Aplicando o método OWAS observou-se que 33% das posturas adotadas na linha carrossel eram críticas - classes 3 e 4 - indicando a necessidade de mudança das posturas em curto prazo. Já na linha “mercado interno”, 14% das posturas foram categorizadas como classe 3, sendo prejudiciais. Neste sentido, sugeriu-se a aquisição de bancada regulável para adaptação da tarefa de esmerilhamento das peças e a utilização de talhas pneumáticas para movimentação das peças, além do treinamento e da conscientização dos operadores. Estas sugestões possibilitaram redução de 100% das posturas críticas de trabalho e eliminação do levantamento de cargas em um dos postos de trabalho estudado.

**Palavras-chave:** Análise postural. Levantamento de carga. Fundição. Acabamento de peças.

1. Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, natsantos23@gmail.com.
2. Engenheira de Segurança do Trabalho, Universidade de Itaúna, danielaav00@hotmail.com.
3. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, erianecristine@gmail.com.
4. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

### **1. Introdução**

A operação de esmerilhar uma peça fundida tem a finalidade de retirar rebarbas e inclusões superficiais aderidas à mesma no processo de resfriamento do metal. O setor de acabamento da empresa pesquisada é subdividido em 32 boxes divididos entre as áreas chamadas de mercado interno, carrossel I e II, linha IV e o esmeril, onde são executadas as tarefas por um operador com utilização de lixadeiras. Neste estudo foram considerados somente os postos de trabalho que executam o acabamento da parte externa da peça, isto é, um posto do mercado interno e um posto da linha carrossel I.

O trabalho de esmerilhamento é realizado em pé, com a utilização dos membros superiores (braços e mãos). Porém, em alguns instantes e devido à falta de um dispositivo

para posicionar a peça, o operador faz vários movimentos, curvando a coluna cervical. Também no momento de posicionamento da peça, ele realiza levantamento de carga, além do peso da esmerilhadeira (8 kg) que é utilizada durante todo o trabalho. Somente nos momentos de posicionamento da peça para iniciar a operação e de retirada da peça do posto de trabalho é que o operador não sustenta o peso da esmerilhadeira.

A demanda para realização desse estudo, foi originada pelo grande número de reclamações dos operadores quanto às condições de trabalho do setor de acabamento e pela dificuldade de contratação de mão-de-obra e devido à exigência de experiência necessária para a garantia da qualidade nessa etapa do processo. Portanto é necessário identificar os principais riscos presentes e levantar as causas das reclamações de forma a possibilitar a implementação de ações de melhoria.

Para tanto foi utilizado o método OWAS (*Ovako working posture analysing system*) para estudar as principais posturas adotadas na realização da atividade e a equação de NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) para identificar as variáveis críticas quando do acabamento das peças fundidas.

## 2. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa científica de natureza aplicada utilizando a análise ergonômica do trabalho (AET) para analisar as posturas e os movimentos dos acabadores de peças fundidas. Esta pesquisa se trata de um estudo de caso que teve abordagens qualitativa e quantitativa. A coleta de dados e informações referentes à situação de trabalho realizou-se por meio de entrevistas, fotografias, observações e filmagens na área de trabalho. Especificamente, foram utilizados para coleta de dados: câmera fotográfica digital para gravação das posturas e movimentos para posterior observação, questionário “Censo de Ergonomia” para coleta de informações referentes à opinião e sentimento dos trabalhadores a respeito do trabalho, e trena para verificar as medidas do posto de trabalho. O questionário aplicado foi respondido por 50 operadores do setor, o que representou 60% do total de operadores.

As posturas dos operadores foram observadas, registradas, classificadas e interpretadas segundo o método OWAS de forma a possibilitar a implementação de ações para eliminar a necessidade de adoção de posturas desfavoráveis. A equação de NIOSH foi utilizada para o cálculo do limite de peso máximo recomendado para a atividade de acabamento na linha carrossel.

O método OWAS foi desenvolvido por pesquisadores finlandeses, em 1977, por meio de análises fotográficas das principais posturas de trabalho adotadas numa empresa siderúrgica. Foram registradas 72 posturas típicas, resultando em diferentes combinações das posições do dorso (4 posições típicas), braços (3 posições típicas) e pernas (7 posições típicas). A classificação da postura é feita de acordo com a combinação das variáveis dorso, braços, pernas e carga, conforme ilustrado no QUADRO 1.



DORSO	BRAÇO	PERNAS																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	2
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	

QUADRO 1 – Classificação das posturas pela combinação das variáveis. Fonte: Lida (2005, p. 170).

Ainda de acordo com Lida (2005), a identificação da classe depende também do tempo de duração das posturas, conforme ilustrado no QUADRO 2.

DURAÇÃO MÁXIMA (% da jornada de trabalho)		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
DORSO	1 Dorso reto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 Dorso inclinado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3 Dorso reto e torcido	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4 Inclinado e torcido	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAÇOS	1 Dois braços para baixo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2 Um braço para cima	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3 Dois braços para cima	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PERNAS	1 Duas pernas retas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2 Uma perna reta	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3 Duas pernas flexionadas	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
	4 Uma perna flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5 Uma perna ajoelhada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6 Deslocamento com as pernas	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7 Duas pernas suspensas	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

QUADRO 2 – Classificação das posturas de acordo com a duração. Fonte: Lida (2005, p. 171).

Conforme a combinação das posições do dorso, braços, pernas e carga, segundo Lida (2005), as posturas são classificadas da seguinte forma: classe 1 – postura normal, que dispensa maiores cuidados; classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão; classe 3 – postura que deve merecer atenção a curto prazo; e classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

A equação de NIOSH foi desenvolvida para calcular o peso limite recomendável em tarefas repetitivas de levantamento de cargas e tem como objetivo prevenir ou reduzir a ocorrência de dores causadas pelos levantamentos e identificar os riscos de lombalgia associados à carga física (WATERS *et al.*, 1993). Esta equação estabelece um valor de referência de 23 Kg que corresponde à capacidade de levantamento, no plano sagital, de uma carga a 75 cm do solo, com um deslocamento vertical de 25 cm e sendo segura a 25 cm do corpo (IIDA, 2005). Esse valor é multiplicado por 6 fatores de redução para designar o peso limite recomendado (PLR), conforme descrito na Equação (1), onde: Cc = constante de carga (23 kg); FDH = fator distância horizontal; FAV = fator altura vertical; FDVP = fator distância vertical percorrida; FA = fator assimetria; FFL = fator frequência de levantamento; FQP = fator qualidade da pega.

$$PLR = Cc \times FDH \times FAV \times FDVP \times FA \times FFL \times FQP \quad (1)$$



As fórmulas para cálculo dos fatores estão indicadas no QUADRO 3, onde H, V, D e A indicam, respectivamente, a distância horizontal, a altura vertical, a distância vertical e o ângulo de rotação do tronco. O coeficiente ou fator de pega (QUADRO 4) é definido de acordo com a qualidade da pega e à altura inicial do levantamento (V).

Fator	Fórmula
FDH	25/H
FAV	$(1-0,003/[V-75])$
FDVP	$(0,82+4,5/D)$
FA	$(1-0,0032 \times A)$

QUADRO 3 – Fórmulas para cálculo dos fatores envolvidos no levantamento de cargas

Qualidade da pega	Coeficientes da pega	
	V < 75cm	V ≥ 75cm
Boa	1	1
Média	0,95	1
Ruim	0,9	0,9

QUADRO 4 – Fator de pega. Fonte: Iida (2005, p. 183).

Os coeficientes relativos à frequência média de levantamentos/min (FFL) utilizados na equação de NIOSH estão relacionados no QUADRO 5.

Frequência Levantamentos/min	Duração do trabalho (h/dia)					
	≤ 1 h		≤ 2 h		≤ 8 h	
	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)	V < 75 (cm)	V ≥ 75 (cm)
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

QUADRO 5 – Fator frequência de levantamento. Fonte: Iida (2005, p. 184).

Segundo Teixeira (2004), uma vez calculado o PLR para uma dada tarefa de levantamento de cargas deve-se compará-lo ao peso real da carga levantada. Esta relação fornece o índice de levantamento (IL), calculado conforme a Equação (2), onde PC representa o peso real da carga levantada (kg) e PLR indica o peso limite recomendado (kg).

$$IL = PC/PLR \quad (2)$$

“Quando o trabalhador realiza várias tarefas nas quais ocorrem levantamentos de cargas, torna-se necessário o cálculo de um índice composto de levantamento para estimar o risco associado a seu trabalho” (MANUAL DE APLICAÇÃO DA NR 17, 2002, p. 83). De



acordo com Teixeira (2004), o cálculo do índice de levantamento composto (ILC) é feito da seguinte maneira:

- a) cálculo dos índices de levantamento das tarefas simples;
- b) numeração em ordem decrescente de estresse físico, iniciando-se com a tarefa com maior valor do ILTS (índice de levantamento da tarefa simples) até a tarefa com o menor valor do ILTS;
- c) cálculo do índice acumulado utilizando a Equação (3) e a Equação (4), onde  $FFL_{1,2}$  (fator frequência de levantamento) é a soma da frequência de levantamento da tarefa 1 e da tarefa 2 e assim sucessivamente. Este procedimento é adotado para que as tarefas mais difíceis sejam priorizadas.

$$ILC = ILTS_1 + \sum IL_n \quad (3)$$

$$IL_n = ILTS_1 + ILIF_2 \times (1/FFL_{1,2} - 1/FFL_1) \quad (4)$$

Conforme o manual de aplicação da NR 17 (2002), a classificação do ILC é feita da seguinte forma:

- a) risco limitado (índice de levantamento  $\leq 1$ ): a maioria dos trabalhadores não deverá ter problemas;
- b) aumento moderado do risco ( $1 < \text{índice de levantamento} \leq 3$ ): alguns trabalhadores podem adoecer ou sofrer lesões;
- c) aumento elevado do risco (índice de levantamento  $> 3$ ): tarefa inaceitável do ponto de vista ergonômico e deve ser modificada.

### 3. Resultados

#### 3.1. Análise das posturas utilizando o método OWAS

O resultado da aplicação do questionário “Censo de ergonomia” indicou que 78% dos operadores sentem desconforto, sendo a coluna a região do corpo mais afetada e que para 59% dos operadores esse desconforto aumenta durante a jornada normal de trabalho.

As posturas dos operadores, na rotina do trabalho de acabamento de peças, foram analisadas nos dois postos, mercado interno e linha carrossel, conforme o método OWAS. Por meio de filmagem, pode-se congelar algumas imagens de posições e classificar as posturas através da combinação das variáveis: dorso, braços, pernas e carga, conforme detalhado nas FIGURAS 1 a 16 e nas TABELAS 1 e 2.



FIGURA 1 – Postura 1: operador pega a peça para posicioná-la no posto de trabalho mercado interno



FIGURA 2 – Postura 2: operador posicionando a peça no posto de trabalho mercado interno



FIGURA 3 – Postura 3: operador pega a peça para posicioná-la no posto de trabalho linha carrossel



FIGURA 4 – Postura 4: operador posiciona a peça para iniciar a atividade de acabamento linha carrossel



FIGURA 5 – Postura 5: operador pega e liga a lixadeira no posto de trabalho mercado interno



FIGURA 6 – Postura 6: operador pega e liga a lixadeira no posto de trabalho linha carrossel



FIGURA 7 – Postura 7: início do esmerilhamento da peça no posto de trabalho mercado interno



FIGURA 8 – Postura 8: esmerilhamento da parte lateral da peça no posto de trabalho mercado interno



FIGURA 9 – Postura 9: início do esmerilhamento da peça no posto de trabalho linha carrossel



FIGURA 10 – Postura 10: operador gira a peça para acabar outras faces na linha carrossel



FIGURA 11 – Postura 11: operador muda a posição da peça e retorna ao esmerilhamento na linha carrossel



FIGURA 12 – Postura 12: operador desliga e posiciona a lixadeira no suporte, posto mercado interno





FIGURA 13 – Postura 13: operador desliga e posiciona a lixadeira no suporte no posto de trabalho na linha carrossel



FIGURA 14 – Postura 14: operador rola a peça para o próximo posto de trabalho mercado interno



FIGURA 15 – Postura 15: operador pega a peça acabada e a posiciona na esteira na linha carrossel



FIGURA 16 – Postura 16: operador posiciona a peça na esteira ao lado direito da linha carrossel

TABELA 1– Classificação das posturas do posto de trabalho “mercado interno” pelo método OWAS

POSTO DE TRABALHO	OPERAÇÕES	POSTURA	FATORES	ÍNDICE	CLASSE	CLASSIFICAÇÃO	Ação
MERCADO INTERNO	Pegar a peça do palete para posicioná-la no posto de trabalho.	1	DORSO: Inclinado	2	3	Claramente prejudicial	Mudar postura a curto prazo
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Duas pernas flexionadas	3			
			CARGA: Peso da peça 59 kg	3			
	Operador posicionando a peça no posto de trabalho	2	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Uma perna reta	2			
			CARGA: Força até 10 Kg	1			
	Operador pegando e ligando a lixadeira	5	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Duas pernas retas	1			
			CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1			
	Início do esmerilhamento da peça no posto de trabalho	7	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
PERNAS: Duas pernas retas			1				
CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg			1				
Esmerilhamento da parte interna lateral da peça	8	DORSO: Inclinado	1	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Duas pernas flexionadas	3				
		CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1				
Operador desligando e posicionando a lixadeira no suporte	12	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Duas pernas retas	1				
		CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1				
Operador rolando a peça acabada para o próximo posto de trabalho	14	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Deslocamento com pernas	6				
		CARGA: Peso da peça 59 kg	3				



TABELA 2— Classificação das posturas da linha carrossel pelo método OWAS

POSTO DE TRABALHO	OPERAÇÕES	POSTURA	FATORES	ÍNDICE	CLASSE	CLASSIFICAÇÃO	Ação
LINHA CARROSSEL	Pegar a peça do palete para posicioná-la no posto de trabalho.	3	DORSO: Inclinado e torcido	4	4	Extremamente prejudicial	Mudar postura imediatamente
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Deslocamento com pernas	6			
			CARGA: Peso da peça 28,6 Kg	3			
	Operador posicionando a peça no posto de trabalho	4	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Duas pernas reta	1			
			CARGA: Força até 10 kg	1			
	Operador pegando e ligando a lixadeira	6	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Duas pernas retas	1			
			CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1			
	Início do esmerilhamento da peça no posto de trabalho	9	DORSO: Inclinado	2	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão
			BRAÇOS: Dois braços para baixo	1			
			PERNAS: Duas pernas retas	1			
			CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1			
Girando a peça para esmerilhamento de outras faces	10	DORSO: Inclinado	2	3	Claramente prejudicial	Mudar postura a curto prazo	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Duas pernas retas	1				
		CARGA: Média do peso da esmerilhadeira 8 Kgs e da peça 28,6 Kg	3				
Retorna ao esmerilhamento após mudar a posição da peça	11	DORSO: Inclinado e torcido	4	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Duas pernas retas	1				
		CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1				
Operador desligando e posicionando a lixadeira no suporte	13	DORSO: Inclinado e torcido	4	2	Levemente prejudicial	Verificar postura na próxima revisão	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Uma perna reta	2				
		CARGA: Peso da esmerilhadeira 8 kg	1				
Operador pega a peça acabada para posicionar na esteira	15	DORSO: Inclinado	2	3	Claramente prejudicial	Mudar postura a curto prazo	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Duas pernas flexionadas	3				
		CARGA: Peso da peça 28,6 Kg	3				
Operador posiciona a peça na esteira	16	DORSO: Reto	1	1	Normal	Nenhuma	
		BRAÇOS: Dois braços para baixo	1				
		PERNAS: Deslocamento com pernas	6				
		CARGA: Peso da peça 28,6 Kg	3				

Conforme a avaliação das posturas pelo método OWAS, sintetizada nas TABELAS 1 e 2, o posto de trabalho mais crítico em relação à postura do operador é a linha carrossel. Esta linha necessita de atenção especial, uma vez que 33,3% das posturas analisadas requerem a implementação de ações de melhoria em curto prazo ou imediatamente.

### 3.2. Análise da atividade de levantamento de peças

A condição de cada variável da tarefa de esmerilhamento e levantamento das peças para colocação em uma esteira pode ser verificada nos QUADROS 6, 7, 8, 9 e 10 para a linha carrossel.



Tarefa	Peso	Localização das mãos [cm]				Distância Vertical VD-Vo [cm]	Ângulo de Assimetria [graus]		Frequência de levantamento	Duração	Qualidade da pega	
		Origem		Destino			Origem	Destino				
		[Kg]	H	V	H							V
1	28,6	42	29	23	74	45	0	90	1	< 1	Regular	
2	28,6	23	74	60	83	9	0	90	1	< 1	Regular	
Tarefa	PMR	FDH	FAV	FDVP	FA	FFL	FQP	LPR	ILIF	ILTS	Classif. Taref.	
1	Origem 1	23	0,60	0,86	0,92	1,00	0,94	0,95	9,70	2,77	2,95	1
	Destino 1	23	1,00	1,00	0,92	0,71	0,94	0,95	13,41	2,00	2,13	Desconsidera
2	Origem 2	23	1,00	1,00	1	1,00	0,94	0,95	20,48	1,31	1,40	Desconsidera
	Destino 2	23	0,42	0,78	1,00	0,71	0,94	0,95	4,72	5,69	6,06	2

QUADRO 6 – Variáveis da equação de NIOSH para a 1ª peça do palete

Tarefa	Peso	Localização das mãos [cm]				Distância Vertical VD-Vo [cm]	Ângulo de Assimetria [graus]		Frequência de levantamento	Duração	Qualidade da pega	
		Origem		Destino			Origem	Destino				
		[Kg]	H	V	H							V
1	28,6	42	39,5	23	74	34,5	0	90	1	< 1	Regular	
2	28,6	23	74	60	83	9	0	90	1	< 1	Regular	
Tarefa	PMR	FDH	FAV	FDVP	FA	FFL	FQP	LPR	ILIF	ILTS	Classif. Taref.	
1	Origem 1	23	0,60	0,89	0,95	1,00	0,94	0,95	10,38	2,59	2,75	1
	Destino 1	23	1,00	1,00	0,95	0,71	0,94	0,95	13,86	1,94	2,06	Desconsidera
2	Origem 2	23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,95	20,48	1,31	1,40	Desconsidera
	Destino 2	23	0,42	1,00	1,00	0,71	0,94	0,95	6,09	4,41	4,69	2

QUADRO 7 – Variáveis da equação de NIOSH para a 2ª peça do palete

Tarefa	Peso	Localização das mãos [cm]				Distância Vertical VD-Vo [cm]	Ângulo de Assimetria [graus]		Frequência de levantamento	Duração	Qualidade da pega	
		Origem		Destino			Origem	Destino				
		[Kg]	H	V	H							V
1	28,6	42	50	23	74	24	0	90	1	< 1	Regular	
2	28,6	23	74	60	83	9	0	90	1	< 1	Regular	
Tarefa	PMR	FDH	FAV	FDVP	FA	FFL	FQP	LPR	ILIF	ILTS	Classif. Taref.	
1	Origem 1	23	0,60	0,93	1,01	1,00	0,94	0,95	11,39	2,36	2,51	1
	Destino 1	23	1,00	1,00	1,01	0,71	0,94	0,95	14,69	1,83	1,95	Desconsidera
2	Origem 2	23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,95	20,48	1,31	1,40	Desconsidera
	Destino 2	23	0,42	1,00	1,00	0,71	0,94	0,95	6,09	4,41	4,69	2

QUADRO 8 – Variáveis da equação de NIOSH para a 3ª peça do palete

Tarefa	Peso	Localização das mãos [cm]				Distância Vertical VD-Vo [cm]	Ângulo de Assimetria [graus]		Frequência de levantamento	Duração	Qualidade da pega	
		Origem		Destino			Origem	Destino				
		[Kg]	H	V	H							V
1	28,6	42	60,5	23	74	13,5	0	90	1	< 1	Regular	
2	28,6	23	74	60	83	9	0	90	1	< 1	Regular	
Tarefa	PMR	FDH	FAV	FDVP	FA	FFL	FQP	LPR	ILIF	ILTS	Classif. Taref.	
1	Origem 1	23	0,60	0,96	1,00	1,00	0,94	0,95	11,69	2,30	2,45	1
	Destino 1	23	1,00	1,00	1,00	0,71	0,94	0,95	14,58	1,84	1,96	Desconsidera
2	Origem 2	23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,95	20,48	1,31	1,40	Desconsidera
	Destino 2	23	0,42	1,02	1,00	0,71	0,94	0,95	6,24	4,31	4,58	2

QUADRO 9 – Variáveis da equação de NIOSH para a 4ª peça do palete

Tarefa	Peso	Localização das mãos [cm]				Distância Vertical VD-Vo [cm]	Ângulo de Assimetria [graus]		Frequência de levantamento	Duração	Qualidade da pega	
		Origem		Destino			Origem	Destino				
		[Kg]	H	V	H							V
1	28,6	42	71	23	74	3	0	90	1	< 1	Regular	
2	28,6	23	74	60	83	9	0	90	1	< 1	Regular	
Tarefa	PMR	FDH	FAV	FDVP	FA	FFL	FQP	LPR	ILIF	ILTS	Classif. Taref.	
1	Origem 1	23	0,60	0,99	1,00	1,00	0,94	0,95	12,08	2,23	2,37	1
	Destino 1	23	1,00	1,00	1,00	0,71	0,94	0,95	14,58	1,84	1,96	Desconsidera
2	Origem 2	23	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,95	20,48	1,31	1,40	Desconsidera
	Destino 2	23	0,42	1,00	1,00	0,71	0,94	0,95	6,09	4,41	4,69	2

QUADRO 10 – Variáveis da equação de NIOSH para a 5ª peça do palete



Foi considerada como tarefa 1, o ato de pegar a peça e posicioná-la no suporte para iniciar o acabamento. Essa tarefa é realizada cinco vezes devido à quantidade de peças no palete (4 pilhas de 5 peças, variando a altura vertical). Considerou-se como tarefa 2, o ato de pegar a peça e colocá-la na esteira para iniciar outra etapa do acabamento da peça. Para análise foi utilizada uma peça de 28,6 kg que é empilhada em 4 pilhas de 5 peças por palete. Portanto, na medida em que se inicia a atividade a altura vertical varia até o acabamento da última peça.

A existência de tarefas múltiplas faz com que o índice de levantamento composto seja maior que o maior índice das tarefas simples, pelos desgastes físicos acumulados. A partir dos cálculos dos ILIF e ILTS pode-se realizar o cálculo do índice de levantamento composto, sintetizado no QUADRO 11, considerando:

$$FFL_1 = 0,94 \text{ [1 levantamento/min e duração da tarefa 1 é } \leq 1 \text{ hora] e}$$

$$FFL_{1,2} = 0,91 \text{ [2 levantamentos/min (F1 + F2 = 1 + 1 = 2) e duração da tarefa 2 é } \leq 1 \text{ hora].}$$

Cálculo do Índice de Levantamento Composto para o trabalho		
ILC <sub>12</sub> =	ILTS <sub>1</sub> +	ΔIL <sub>2</sub>
ILC <sub>12</sub> =	ILTS <sub>1</sub>	ILIF <sub>2</sub> × (1/FFL <sub>1,2</sub> - 1/FFL <sub>1</sub> )
	2,95	4,41 × (1/0,91 - 1/0,94)
	2,95	0,15
ILC <sub>12</sub> =	3,1	

QUADRO 11 – Cálculo do índice de levantamento composto

Conforme demonstrado, o ILC das tarefas avaliadas resultou em um valor maior que 3, caracterizando elevado risco de lesões, sendo necessário modificar as tarefas. Observa-se que o coeficiente horizontal (FDH) apresenta-se como a pior condição. O coeficiente vertical (FAV) juntamente com o coeficiente de fator assimetria (FA) também apresentam condições desfavoráveis no destino.

#### 4. Discussão

Por meio da análise dos parâmetros da equação de NIOSH no posto da linha carrossel, observa-se que a distância vertical FAV merece atenção. Propõe-se construir uma bancada regulável, evitando que o operador tenha que se abaixar para levantar a peça e rotacionar o dorso para colocá-las na esteira. Neste caso o operador somente empurra a peça, conseqüentemente reduzindo o fator FDH no destino. Para auxiliar no posicionamento da peça naquela bancada sugere-se a utilização de uma talha pneumática para eliminar o levantamento de cargas. Para reduzir o fator de FDH na origem deve-se orientar os operadores de empilhadeira para posicionar os paletes o mais próximo da bancada. A FIGURA 17 apresenta um modelo de bancada regulável pneumática implantada na linha do carrossel.

Para evitar a inclinação do dorso do operador durante a execução da atividade e também facilitar a rotação da peça para o acabamento de outras faces, foi confeccionado um dispositivo regulável para encaixe da peça, conforme ilustram as FIGURAS 18 e 19. As peças são posicionadas no dispositivo por meio de talhas pneumáticas evitando que o operador faça o levantamento de cargas.



FIGURA 17 – Modelo de bancada regulável



FIGURA 18 – Operador utilizando o dispositivo regulável para posicionamento das peças



FIGURA 19 – Dispositivo regulável para posicionamento das peças do mercado interno

Elaborou-se treinamentos para capacitar os operadores no uso correto dos recursos e conscientizá-los sobre a importância da adoção de posturas corretas na execução da atividade.

A bancada regulável, a talha e o dispositivo para posicionamento das peças possibilitaram trabalhar com as peças a uma altura em relação ao solo de 75 cm, melhorando a condição relativa às posturas e eliminação do levantamento de cargas. A classificação das posturas após a implementação das melhorias está relacionada nos QUADROS 12 e 13.

POSTO DE TRABALHO	POSTURA	FATORES	ÍNDICES	CLASSE
Linha Carrossel	3	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	2	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	0	
	4	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	2	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	0	
	6	DORSO:	2	2
		BRAÇO:	1	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	1	
	9	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	1	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	0	
10	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	3		
11	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	1		
13	DORSO:	2	2	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	2		
	CARGA:	0		
15	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	0		
16	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	0		

QUADRO 12 – Classificação das posturas após implementação das recomendações (linha carrossel)

POSTO DE TRABALHO	POSTURA	FATORES	ÍNDICES	CLASSE
Mercado interno	1	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	2	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	0	
	2	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	2	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	0	
	5	DORSO:	2	2
		BRAÇO:	1	
		PERNAS:	1	
		CARGA:	1	
	7	DORSO:	1	1
		BRAÇO:	1	
PERNAS:		1		
CARGA:		1		
8	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	1		
12	DORSO:	2	2	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	0		
14	DORSO:	1	1	
	BRAÇO:	1		
	PERNAS:	1		
	CARGA:	0		

QUADRO 13 – Classificação das posturas após implementação das recomendações (mercado interno)

Após a implementação das recomendações, percebe-se melhoria na classificação das posturas e eliminação de 100% das posturas críticas (classes 3 e 4), conforme relacionado no QUADRO 14 e no GRÁFICO 1.



POSTO DE TRABALHO	POSTURA	CLASSE	
		ANTES	DEPOIS
Mercado interno	1	3	1
	2	2	1
	5	2	2
	7	2	1
	8	2	1
	12	2	2
	14	2	1
Linha Carrossel	3	4	1
	4	2	1
	6	2	2
	9	2	1
	10	3	1
	11	2	1
	13	2	2
	15	3	1
	16	1	1

QUADRO 14 – Classificação das posturas antes e após a implementação das melhorias

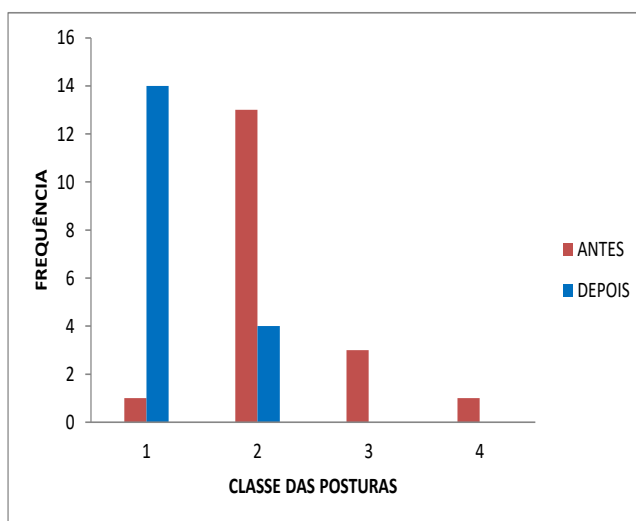


GRÁFICO 1 - Representação gráfica das posturas antes e após a implementação das melhorias

## 5. Conclusão

Com a realização da AET foi possível identificar e avaliar causas e riscos da tarefa de acabamento das peças fundidas para a saúde do trabalhador que, conseqüentemente pode afetar a produtividade. O método OWAS identificou a necessidade de intervenção em algumas tarefas necessárias para o acabamento das peças fundidas. O posto de trabalho crítico em relação à questão da postura foi a linha carrossel, indicando a necessidade de intervenção urgente. Já no mercado interno algumas posturas requerem intervenções a curto prazo.

A aplicação do método NIOSH, indicou que na linha carrossel são necessárias intervenções imediatas quanto ao levantamento das peças, pois a atividade desenvolvida pode ser prejudicial à saúde do trabalhador, podendo provocar lesões na coluna e membros superiores.

Entretanto, a implementação das recomendações possibilitou a eliminação do levantamento de cargas e a melhoria das posturas no trabalho eliminando 100% das posturas críticas. Isto contribuiu para preservação da saúde e aumento do nível de satisfação dos trabalhadores, da produtividade e qualidade dos produtos.

## Referências

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2005. 614 p.

LAVILLE, A. *Ergonomia*. São Paulo, SP: EPU ; EDUSP, 1977. 99 p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Manual de Aplicação da NR 17 Ergonomia*. 2002. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/seg\\_sau/pub\\_cne\\_manual\\_nr17.pdf](http://www.mte.gov.br/seg_sau/pub_cne_manual_nr17.pdf)>. Acesso em: 28 outubro de 2011.

TEIXEIRA, E. R. *Sistematização de procedimentos necessários a aplicação da ELN: estudo descritivo da relação entre o IL da equação revisada do NIOSH e a incidência de lombalgia numa amostra de trabalhadores*. 2004. 239 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WATERS, T. *Equação NIOSH revista para a concepção e avaliação de tarefas de levantamento manual de cargas*. Instituto Nacional para a Segurança e Saúde Ocupacional. University of Wisconsin-Milwaukee. Editora: Cincinnati, Ohio, 1993.

WISNER, A. *Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica*. São Paulo: FTD: Obore, 1987. 189p.

## **Repensando as práticas educacionais de uma escola profissionalizante para redução da evasão escolar por meio da análise ergonômica do processo de ensino e aprendizagem**

César Eloi Nascimento Parreiras Silva <sup>1</sup>

Cleiton Rodrigues <sup>2</sup>

Gilson Marques Pinheiro <sup>3</sup>

**Resumo:** Atualmente, o ensino profissionalizante apresenta índices elevados de evasão escolar. Sabe-se que são inúmeros os motivos que levam o aluno à desistência dos estudos, porém acredita-se que a adequação das práticas educacionais e do ambiente físico pode contribuir para a permanência do aluno na escola. Neste sentido, realizou-se análise ergonômica do processo de ensino e aprendizagem em uma escola profissionalizante com o objetivo de investigar a hipótese de que sobrecarga cognitiva, atividades monótonas e condições do ambiente físico inadequadas dificultam o aprendizado aumentando a evasão escolar. Para tanto, foram coletados dados por meio de observações, entrevistas, fotografias, questionários e medição de condições ambientais. Os dados foram validados usando ferramenta estatística para análise de variância – ANOVA. Após análise dos ambientes educacionais e do processo de ensino, foi possível a indicação de melhorias como revisão do projeto de iluminação das salas, modificação do layout da oficina e bloqueio da propagação de ruído, definição de estratégias de ensino conforme o estilo de aprendizagem das turmas, disponibilização de carteiras com ajustes ergonômicos e realização de cinesioterapia laboral. Com isso espera-se melhorar a qualidade do processo de ensino e a qualidade de vida dos atores do processo e conseqüentemente reduzir o índice de evasão.

**Palavras-chave:** Análise ergonômica do trabalho. Processo de ensino e aprendizagem. Carga cognitiva. Evasão escolar. Estilos de aprendizagem.

1. Engenheiro de Produção, Universidade de Itaúna, cesareloinps@gmail.com.

2. Engenheiro de Produção, Universidade de Itaúna, ctonrodrigues@gmail.com.

3. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

### **1. Introdução**

Recentemente os conhecimentos relativos à ergonomia tem sido aplicados cada vez mais nas atividades de ensino, procurando torná-las mais agradáveis e eficientes, visto que a assimilação dos conteúdos pelos alunos durante as aulas pode ser facilitada pela adequação do ambiente, dos recursos didáticos e da metodologia de ensino.

Neste sentido, alunos de uma escola profissionalizante relataram dificuldades de aprendizado nas aulas teóricas devido à dificuldade de concentração, excesso de ruídos externos, por permanecerem muito tempo sentados e por se sentirem demasiadamente cansados. Essas dificuldades culminam na queda do rendimento escolar, resultando em elevado índice de evasão.

Diante destas considerações, este trabalho tem como objetivo reduzir o índice de evasão escolar por meio da implementação de novas práticas educacionais, ações de melhoria no planejamento das aulas e adequação do ambiente físico com base na análise ergonômica do processo de ensino aprendizagem.

## 2. Metodologia

Realizado em uma escola de ensino técnico, o trabalho desenvolvido se trata de uma pesquisa aplicada, uma vez que é dirigido a um objetivo prático específico de reduzir a evasão escolar. Visa investigar, comprovar ou rejeitar a hipótese de que sobrecarga cognitiva, atividades monótonas e condições do ambiente físico inadequadas dificultam o aprendizado e podem aumentar a evasão.

Para tanto, aplicou-se a análise ergonômica do trabalho (AET), que possibilita estudar as “interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas” (ABERGO, s.d. *apud* IIDA, 2005, p. 2). Assim, a ergonomia integra o conhecimento das ciências humanas para adaptar trabalho, sistemas, produtos e ambientes às capacidades físicas e psíquicas e às limitações de cada pessoa (IIDA, 2005).

Portanto, por meio da análise ergonômica é possível se ter uma compreensão mais abrangente da situação de trabalho, pois todos os elementos relacionados ao trabalho são estudados e considerados (LAVILLE, 1977).

Este trabalho é abordado de forma quantitativa, uma vez que os dados são mensurados e representados numericamente. Trata-se de um estudo de caso com objetivo exploratório, visto que busca estudar a influência de fatores ergonômicos na aprendizagem dos alunos.

A coleta de dados é realizada por meio de observações, entrevistas, fotografias, questionários, consulta à documentação e medição de condições ambientais. Os dados são obtidos por medições em campo – salas de aulas e laboratórios de informática – sendo coletados e registrados com o devido rigor para garantir representatividade dos valores. Os resultados obtidos são interpretados, comparados com parâmetros ergonômicos e apresentados em forma de gráficos e tabelas comparativas.

Para a coleta de dados, foram analisados aspectos como postura do corpo humano, fatores ambientais, processo cognitivo e estilos de aprendizagem, descritos a seguir.

### 2.1 Postura do corpo humano

Postura é o posicionamento relativo de partes do corpo, como cabeça, tronco e membros, no espaço. Posturas adequadas são fatores de grande importância para a saúde e bem estar das pessoas (IIDA, 2005).

Segundo Iida (2005), uma boa postura influencia diretamente para que as pessoas realize suas atividades de forma mais confortável e sem estresse. “A boa postura é aquela quando a configuração estática natural da coluna é respeitada, com suas curvaturas originais e quando, além disso, a postura não exige esforço, não é cansativa e é indolor para o indivíduo” (RIO & PIRES, 2000, p. 132). Por outro lado, posturas inadequadas provocam estresse nos músculos e exigem elevado consumo energético corporal. O ideal é que os postos de trabalho possibilitem a adoção de posturas neutras de forma a manter os recursos de trabalho próximo



ao corpo e evitar movimentos de rotação do tronco (IIDA, 2005).

Um dos métodos utilizados para análise de postura é o *Ovako working posture analysing system* (OWAS). Essa análise é realizada mapeando posturas típicas que resultam em diferentes combinações das posições do dorso, braços, pernas e carga (IIDA, 2005). De acordo com estas combinações as posturas podem ser classificadas conforme indicado no QUADRO 1.

Classe da postura	Recomendação
1	Postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais
2	Postura que deve ser verificada durante a próxima revisão
3	Postura que deve merecer atenção em curto prazo
4	Postura que deve merecer atenção imediata

QUADRO 1 – Classificação de posturas. Fonte: Adaptado de Iida (2005).

## 2.2 Fatores ambientais

“Condição ambiental é um conjunto de fatores interdependentes, materiais ou abstratos, que atua direta ou indiretamente na qualidade de vida das pessoas e nos resultados dos seus trabalhos” (WADA, 1990, p. 36).

Condições ambientais desfavoráveis como altos níveis de ruído, iluminação inadequada e calor excessivo causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem causar danos à saúde (IIDA, 2005), além de comprometerem a capacidade produtiva no trabalho (COUTO, 2002), uma vez que provocam certas exigências físicas, sensoriais ou mentais (SANTOS & FIALHO, 1997).

Ambientes com iluminação inadequada exigem esforço maior da visão do indivíduo. Os efeitos imediatos que poderão ocorrer dessa exigência são a fadiga visual e as cefaléias, interferindo no desempenho do indivíduo em decorrência da diminuição do ritmo de trabalho e da percepção de detalhes e aumento de erros e acidentes (TAVARES, 2006).

De acordo com a ABNT (2013) os valores de iluminâncias médias mínimas recomendadas para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de ensino e outras, estão contidos no QUADRO 2.

Tipo de atividade	Iluminância mantida (lux)
Área de leitura	500
Mesa de demonstração	500
Oficinas de ensino	500
Quadro negro	500
Salas de aplicação e laboratórios	500
Salas de aula	300
Salas de aulas noturnas	500
Salas de desenho técnico	750
Salas de informática	500
Salas de preparação e oficinas	500

QUADRO 2 - Iluminância por tipo de atividade. Fonte: ABNT, NBR ISO/CIE 8995-1 (2013, p. 20-21).

Iluminação adequada é muito mais do que fornecer apenas boa visualização da tarefa. É importante que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto, satisfazendo assim os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente (ABNT, 2013).

Quanto ao conforto acústico, Iida (2005) recomenda que o nível ideal de ruído seja abaixo de 65 dB. Valores de ruídos toleráveis em diversos tipos de atividades estão relacionados no QUADRO 3.

Nível de ruído dB (A)	Atividade
50	A maioria considera como um ambiente silencioso, mas cerca de 25% das pessoas terão dificuldades para dormir.
55	Máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio.
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia.
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos.
70	Inaceitável para trabalho em escritório. Conversação difícil.
75	É necessário aumentar a voz para conversação.
80	Conversação muito difícil.
85	Limite máximo tolerável para jornada de trabalho de 8 horas.

QUADRO 3 - Limite tolerável a ruídos em diversos tipos de atividades. Fonte: Iida (2005, p. 505).

Os ruídos afetam no desempenho das atividades e prejudicam, frequentemente, naquelas que exigem esforços mentais (KROEMER & GRANDJEAN, 2005).

### 2.3 Processo cognitivo

Processo cognitivo diz respeito a processamento de informações, que ocorre de forma individual, evidenciando a existência de diferentes estilos de perceber, tratar e organizar as informações (CRUZ & CORRÊA, 2000).

A estrutura cognitiva humana inclui três sistemas de memória: a sensorial, a de curta duração e a de longa duração, as quais trabalham juntas. A memória sensorial, que dura menos de um segundo, serve apenas como canal de comunicação com o meio ambiente e situa-se antes da consciência. Sua função é capturar todos os fenômenos externos cabendo às demais memórias classificarem quais desses fenômenos serão armazenados por algum tempo. Já a memória de curta duração ou memória de trabalho tem uma capacidade muito limitada. É o centro de processo ativo do cérebro, onde são processadas as informações capturadas pela memória sensorial ou recuperadas da memória de longa duração. Por fim, a memória de longa duração é composta de enorme capacidade que atua como repositório organizado de conhecimentos (NUNES & GIRAFFA, 2003).

Sweller (2003) entende que quando ocorre a sobrecarga cognitiva, ou seja, quando o volume de informações oferecidas não é compatível com a capacidade de compreensão humana, o processo de aprendizagem é afetado negativamente. De acordo com Mayer (2001) a sobrecarga cognitiva pode levar à desorientação e até mesmo ao desestímulo das pessoas.

### 2.4 Estilos de aprendizagem

A forma como os estudantes percebem, interagem e respondem aos ambientes de aprendizagem determina os estilos de aprendizagem (ALONSO & GALLEG0, 2002).

Existem quatro estilos de aprendizagem: o ativo, que valoriza dados da experiência e tarefas novas; o reflexivo, que se caracteriza pela reflexão e análise; o teórico, que estabelece teorias, princípios, modelos e busca a estruturação e a sintetização; e por fim, o pragmático, que aplica ideias e faz experimentos (ALONSO & GALLEG0, 2002).

Para captar, processar e armazenar informações, os indivíduos utilizam três canais sensoriais: visão, audição e tato ou movimento, que definem os estilos de aprendizagem

visual, auditivo e cinestésico (VAC). Considerando isso, a absorção da informação ocorre de acordo com o canal receptor predominante na aprendizagem do indivíduo (GALLERT, 2005).

A intensidade de como cada pessoa aprende de forma diferente das outras faz com que alguns métodos sejam efetivos para um determinado público, enquanto ineficazes para outros (JACOBSON, 2003).

### **3. Análise ergonômica do processo de ensino e aprendizagem**

#### **3.1 O contexto do estudo e definição da demanda**

São vários os fatores que podem contribuir significativamente para a ocorrência de evasão de alunos de uma escola. A análise das causas que levam à desistência dos alunos pode ser subjetiva se realizada sem considerar os devidos parâmetros e indicadores de controle.

A maior parte do tempo dos alunos na escola destina-se às aulas teóricas, que ocorrem em salas localizadas próximas às oficinas. Nestas oficinas algumas atividades geram ruídos contínuos, o que provoca reclamação dos alunos quanto à dificuldade de se concentrarem.

Outro problema relatado é a dificuldade dos alunos que estudam em dois turnos assimilarem os conteúdos ministrados durante oito horas de aulas teóricas. Tanto professores quanto alunos relatam que ao final do expediente sentem dores nos ombros, região lombar e na cabeça.

Além destas situações, os usuários relatam que as salas possuem iluminação ineficiente.

Portanto, como são vários os fatores que podem contribuir para a ocorrência de evasão escolar, o foco deste trabalho é, por meio da análise ergonômica, adequar as condições do processo de ensino e aprendizagem – no que diz respeito a fatores físicos, posturais e carga cognitiva - de forma a reduzir o índice de evasão em 30%, ou seja, de 18,1 para 12,7%.

#### **3.2 Diagnóstico e análise da situação atual**

As salas de aula possuem aproximadamente 72 m<sup>2</sup>. Os pisos têm homogeneidade de cores, boa aderência e não contêm irregularidades. A ventilação é natural e conta com o auxílio de dois ventiladores por sala. O sistema de iluminação é composto por seis lâmpadas do tipo fluorescente de 125 *watts* por sala. As paredes das salas, assim como o teto, são em concreto sem irregularidades e pintadas na cor branca, conforme ilustrado na FIGURA 1.



FIGURA 1 - Sala de aula e disposição das carteiras

Realizou-se medição da iluminância em regiões aleatórias de três salas de aula. Os resultados obtidos mostraram que o menor valor de iluminância foi de 110 lux na sala de informática e o maior valor foi de 400 lux na sala C7, conforme mostra o GRÁFICO 1.

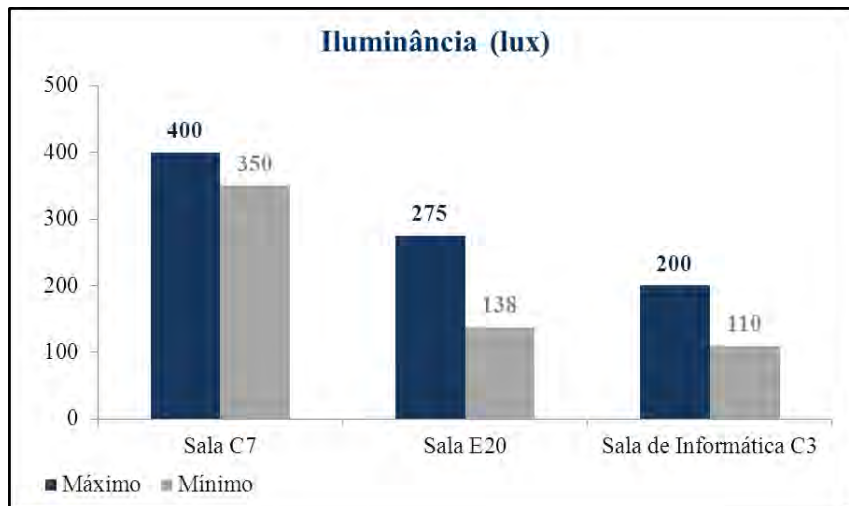


GRÁFICO 1 - Iluminância máxima e mínima nas salas

Mediu-se o ruído em quatro salas diariamente frequentadas pelos alunos. Os resultados obtidos (GRÁFICO 2) mostraram que na sala E20 obteve o maior nível de ruído que foi de 78 dB e na sala de informática C3 obteve-se o menor nível que foi de 64 dB. As medições na sala C10 foram realizadas no momento em que alunos realizavam avaliação regular da aprendizagem.

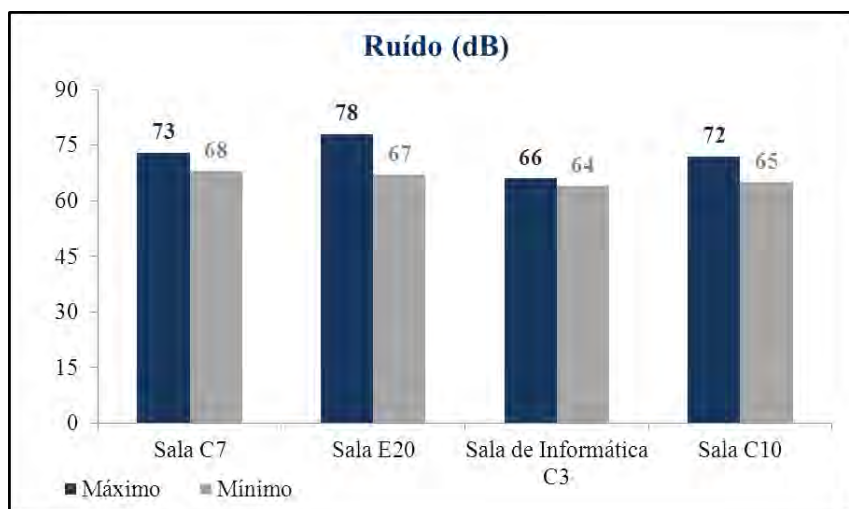


GRÁFICO 2 - Nível de ruído máximo e mínimo nas salas

Por meio da aplicação e análise do questionário de estilos de aprendizagem foi possível estabelecer diagnóstico sobre a dominância cerebral dos alunos, tendo como referência o estilo VAC.

Os testes de estilos de aprendizagem, cujos resultados estão apresentados no GRÁFICO 3, foram aplicados nas turmas A, B e C. Os alunos da turma A estudam pela manhã, têm idade média de 18 anos e têm ocupação profissional no período da tarde. Os alunos da turma B estudam à tarde, têm idade média de 16 anos e todos estudam em outra



instituição de ensino pela manhã. Já os alunos da turma C estudam à noite, têm idade média de 26 anos, e cerca de 92% da turma possui ocupação profissional durante o dia.

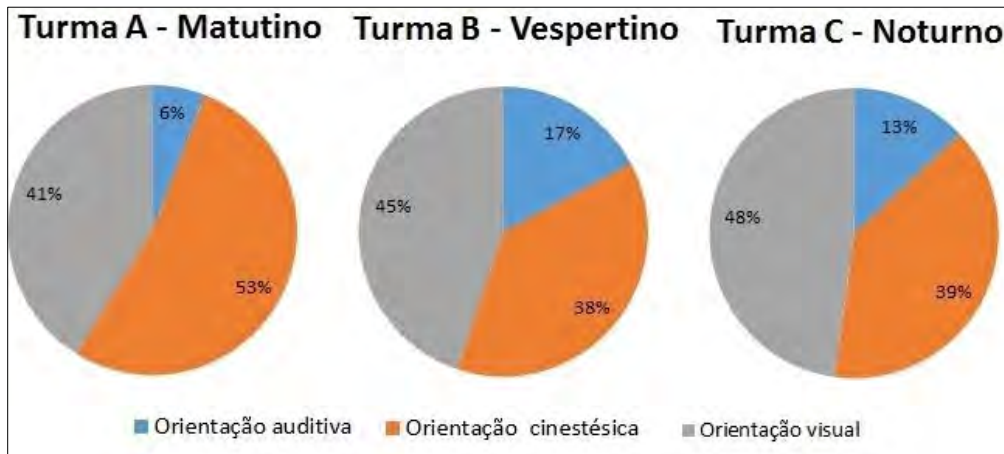


GRÁFICO 3 - Predominância dos estilos de aprendizagem dos alunos

Para identificar o nível de fadiga dos alunos aplicou-se, no início e no final das aulas, um questionário bipolar contendo oito sintomas. A primeira amostra foi composta por 20 alunos da turma A, que responderam o questionário no período da manhã. A segunda amostra foi composta por 38 alunos da turma B, que responderam o questionário no período da tarde. E por fim, a terceira amostra foi composta por 23 alunos da turma C, que responderam o questionário no período noturno. Os resultados obtidos nas turmas por meio da aplicação do questionário bipolar estão relacionados no QUADRO 4.

QUESTIONÁRIO BIPOLAR PARA AVALIAR O NÍVEL DE FADIGA EM SALA DE AULA																	
Como você se sente neste momento?																	
Momento	Sintoma	Turma A			Turma B			Turma C			Sintoma						
Início da aula	Descansado	2	4	5	5	4	2	8	18	8	2	5	4	5	8	1	Cansado
Término da aula		0	5	5	6	4	3	4	8	11	12	2	3	3	9	6	
Início da aula	Esperto	1	5	5	5	4	4	7	6	11	10	2	4	13	3	1	Sonolento
Término da aula		4	4	4	5	3	1	3	7	9	18	0	2	9	7	5	
Início da aula	Vigoroso	1	8	8	2	1	8	12	16	2	0	0	5	11	4	3	Esgotado
Término da aula		0	7	8	3	2	1	4	15	18	0	0	2	6	7	8	
Início da aula	Forte	4	7	5	2	2	5	15	10	4	4	6	6	11	0	0	Fraco
Término da aula		2	6	9	2	1	2	6	18	10	2	3	3	8	6	3	
Início da aula	Energético	1	5	9	2	3	6	10	11	10	1	3	12	3	4	1	Apático
Término da aula		2	5	8	2	3	2	6	13	12	5	0	8	6	6	3	
Início da aula	Estimulado	3	6	2	5	4	9	17	7	4	1	4	10	8	1	0	Desanimado
Término da aula		1	8	5	3	3	2	11	12	10	3	2	5	7	6	3	
Início da aula	Interessado	7	5	6	1	1	19	11	5	3	0	12	5	4	2	0	Desinteressado
Término da aula		3	9	4	2	2	5	8	17	6	2	5	6	5	4	3	
Início da aula	Atento	5	4	6	3	2	3	22	8	4	1	11	7	2	2	1	Distraído
Término da aula		5	7	4	3	1	3	8	6	16	5	2	4	7	6	4	

QUADRO 4 – Resultados da aplicação do questionário bipolar



Através de observações, foram constatadas posturas inadequadas (FIGURA 2) como alunos inclinando o pescoço acometendo a região da coluna cervical e a carteira escolar impedindo a posição correta das pernas. Em outras situações observou-se que para o aluno ficar sentado, seus pés precisam apoiar na base da mesa ajustando os joelhos na parte inferior da mesa, além da posição irregular das pernas e inclinação da coluna.



FIGURA 2 - Posturas inadequadas: coluna cervical e pernas

Para identificar se as posturas adotadas pelos alunos necessitavam de correções, aplicou-se o método OWAS. Após análise (QUADRO 5), verificou-se que os membros com postura inadequada eram uma combinação de dorso e pernas (55%), dorso (20%) e pernas (15%), conforme ilustrado no GRÁFICO 4. Apenas 10% dos alunos observados apresentaram postura normal, ou seja, que não causam constrangimentos musculares.

DORSO		BRAÇOS		PERNAS		MEMBROS AFETADOS	CLASSE DA POSTURA
Código	Tempo na postura	Código	Tempo na postura	Código	Tempo na postura		
2	70%	1	100%	3	90%	Dorso e pernas	3
1	90%	1	100%	3	90%	Dorso e pernas	3
2	70%	1	100%	1	100%	Dorso	3
1	100%	1	100%	1	100%	Postura normal	1
2	100%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
1	100%	1	100%	3	60%	Pernas	3
1	100%	1	100%	3	80%	Pernas	2
2	100%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
2	100%	1	100%	1	100%	Dorso	3
2	100%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
1	100%	1	100%	1	100%	Postura normal	1
2	100%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
2	100%	1	100%	1	100%	Dorso	3
2	60%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
1	50%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
2	100%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
2	80%	1	100%	1	100%	Dorso	2
2	60%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
2	80%	1	100%	3	100%	Dorso e pernas	3
1	60%	1	100%	3	100%	Pernas	3

QUADRO 5 - Análise da postura dos alunos segundo o método OWAS

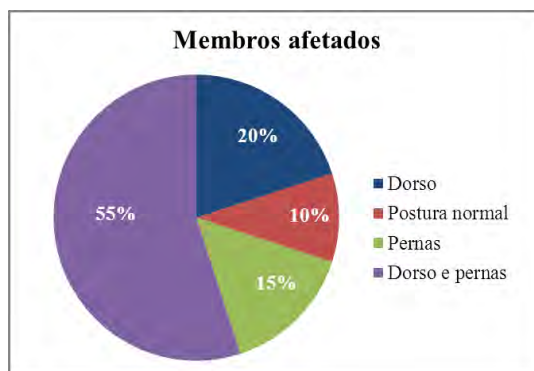


GRÁFICO 4 - Percentual de membros com postura inadequada

O entendimento das situações que geram constrangimentos musculares foi obtido por meio da aplicação do questionário nórdico, possibilitando descobrir a parte do corpo em que os alunos sentiam dor muscular ao final das aulas, conforme exemplificado no GRÁFICO 5.

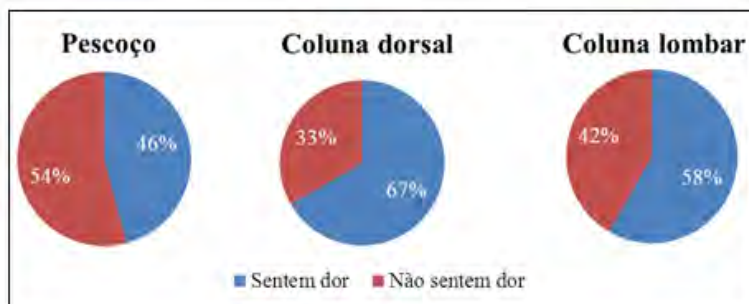


GRÁFICO 5 - Percentual de alunos com dor no pescoço e na coluna

Constatou-se, por meio de entrevistas, que os alunos percebem um elevado nível de estresse em sala de aula; acham as aulas teóricas cansativas e perdem a atenção com o tempo; afirmam que existem muitos momentos de sonolência; saem da sala de aula, com a desculpa de ir ao banheiro ou beber água para se despertarem do sono.

#### 4. Demonstração e análise dos resultados

Em relação à iluminação das salas de aula, os níveis de iluminância da sala C7 foram considerados satisfatórios. Porém, as salas E20 e o laboratório de informática apresentam níveis abaixo dos valores médios mínimos recomendados para iluminação de interiores.

Os valores de ruído encontrados nas salas de aula C7, E20, C10 e sala de informática C3 não são compatíveis com os níveis de ruídos estabelecidos para garantir o conforto acústico em ambientes educacionais.

A diferença entre estilos de aprendizagem dos alunos indica que em um ambiente escolar existem múltiplas formas de aprendizagem, o que indica a necessidade de definição de estratégias de ensino adequadas ao perfil de cada turma.

Para verificar se existia diferença significativa entre fadiga ao início e ao término das aulas, foi utilizada a ferramenta ANOVA (análise de variância) para análise dos dados relativos a oito sintomas de fadiga, cujos resultados estão ilustrados nos QUADROS 6, 7 e 8.

Como os dados relativos à fadiga são qualitativos, para aplicação da ANOVA os mesmos foram transformados em quantitativos por meio da atribuição de pesos às indicações



dos alunos. Os pesos variam de 0 a 4, sendo que o peso zero indica ausência de fadiga, o peso 1 indica pouca fadiga, o peso 2 indica indiferença quanto à fadiga, o peso 3 indica fadiga significativa e o peso 4 indica fadiga excessiva.

Na análise geral dos valores de F calculado, F crítico e valor-P, pode-se afirmar que nas turmas B e C existe diferença significativa entre a fadiga ao início e ao término das aulas. Já na turma A não existe diferença significativa.

ANÁLISE GERAL DOS DADOS - TURMA A						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Coluna 1 (início)	160	295	1,84375	1,541470126		
Coluna 2 (término)	160	299	1,86875	1,372602201		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	GDL	MQ	F calculado	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,05	1	0,05	0,034316238	0,853153851	3,870867167
Dentro dos grupos	463,3375	318	1,457036164			
Total	463,3875	319				

QUADRO 6 - ANOVA para análise geral dos sintomas da turma A

ANÁLISE GERAL DOS DADOS - TURMA B						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Coluna 1 (início)	304	478	1,572368421	1,29507556		
Coluna 2 (término)	304	706	2,322368421	1,23566962		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	GDL	MQ	F calculado	valor-P	F crítico
Entre grupos	85,5	1	85,5	67,5690312	1,23903E-15	3,856849481
Dentro dos grupos	766,8157895	606	1,26537259			
Total	852,3157895	607				

QUADRO 7 - ANOVA para análise geral dos sintomas da turma B

ANÁLISE GERAL DOS DADOS - TURMA C						
RESUMO						
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância		
Coluna 1 (início)	184	267	1,451086957	1,210709195		
Coluna 2 (término)	184	428	2,326086957	1,423140889		
ANOVA						
Fonte da variação	SQ	GDL	MQ	F calculado	valor-P	F crítico
Entre grupos	70,4375	1	70,4375	53,4863396	1,65609E-12	3,866991371
Dentro dos grupos	481,9945652	366	1,316925042			
Total	552,4320652	367				

QUADRO 8 - ANOVA para análise geral dos sintomas da turma C

O elevado valor de F calculado da análise geral dos dados da turma B pode indicar que as aulas no turno da tarde, que é normalmente o período mais quente do dia, possuem tendência ao aumento da fadiga.

Os alunos consideraram as aulas teóricas demasiadamente cansativas e monótonas, principalmente quando se usa o projetor multimídia. “As aulas são muito boas, porém



algumas são cansativas. Quando o instrutor usa por muito tempo o *datashow* eu não aprendo nada. Eu prefiro as aulas práticas” (ALUNO 4).

A carga de quatro horas consecutivas de estudos, requerendo a utilização de processos mentais em sala de aula, pode estar gerando sobrecarga cognitiva aos alunos e docentes.

Finalmente, consideram-se nocivas as posturas corporais adotadas pelos alunos em sala de aula, e percebe-se a dificuldade de alguns em se posicionar de maneira correta nas carteiras.

## 5. Ações de melhorias propostas

Com relação à iluminância, sugere-se à escola rever o projeto de iluminação de forma a obter iluminância de no mínimo 300 lux em todas as salas de aula.

Quanto ao ruído, sugere-se aumentar a altura da parede próxima à oficina para reduzir a propagação de onda sonora e modificar o leiaute das máquinas.

As práticas educacionais devem ser repensadas sempre que se iniciar uma turma. Para isso, deve ser feito diagnóstico prévio do estilo de aprendizagem predominante dos alunos. A definição da estratégia de ensino, formalizada no plano de ensino, deve considerar o resultado deste diagnóstico. Treinamentos dos instrutores sobre estilos de aprendizagem devem ser realizados em curto prazo.

Alterações na tarefa, estabelecendo a substituição das cinco aulas consecutivas de 45 minutos por aulas intermitentes, intercalando teoria e prática no mesmo dia, se fazem necessárias para redução da fadiga e aumento da concentração dos alunos, contribuindo assim para a melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem.

Considerando a iminente necessidade de reduzir o nível de estresse e fadiga em sala de aula, quebrar a monotonia e promover o alívio da pressão exercida pelo tronco à parte posterior da coxa, sugere-se a adoção diária de dez minutos de ginástica laboral.

Pode-se observar que alguns estudantes que possuem características antropométricas extremas não se sentem confortáveis nas carteiras escolares. Por isso recomenda-se disponibilizar na escola algumas carteiras com ajustes ergonômicos para atender a esta população.

Sugere-se a implementação de um projeto de conscientização dos alunos a respeito da importância da adoção de postura adequada, expondo as consequências que podem surgir a curto e longo prazo.

São inúmeras as causas que levam à evasão dos estudantes, sendo assim, recomenda-se à escola realizar entrevista com o aluno desistente com o propósito de levantar as causas da evasão.

## 6. Conclusão

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma metodologia construtiva e participativa que possibilitou analisar o processo de ensino e aprendizagem da escola profissionalizante, levando em consideração os aspectos físicos, psíquicos e, sobretudo, cognitivos que interferem no resultado desse processo.

A adequação do ambiente físico, bem como o conhecimento dos estilos de aprendizagem dos alunos que é fundamental para planejamento adequado das práticas educacionais usadas pelos instrutores, propiciam o favorecimento das condições que facilitam a aprendizagem.

A carga cognitiva é um fator crucial para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, em todos os sentidos a sobrecarga cognitiva deve ser evitada. Não se pode oferecer aos alunos um volume de informações que ultrapasse sua capacidade de assimilação de conhecimentos.

A adoção de posturas corretas em sala de aula favorece a saúde física prevenindo constrangimentos musculoesqueléticos da região sacrolombar.

A realização da análise ergonômica tornou possível a indicação de propostas de melhorias dos ambientes educacionais visando à redução dos índices de evasão, a melhoria da qualidade do processo de ensino e a promoção da qualidade de vida dos atores do processo.

## Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ALONSO, C. M.; GALLEGU, D. J.; HONEY, P. *Los estilos de aprendizaje: procedimientos de diagnóstico y mejora*. Madrid: Mensajero, 2002.
- COUTO, H. A. *Como Implantar Ergonomia na Empresa: a prática dos comitês de ergonomia*. Belo Horizonte: Ergol, 2002.
- CRUZ, R. M.; CORRÊA, F. P. *Avaliação da carga cognitiva do trabalho*. Revista de Ciências Humanas, Santa Catarina, p. 141-155, 2000.
- GALLERT, C. S. *Sistema hipermídia para ensino baseado nos estilos de aprendizagem*. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina.
- IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2ª edição rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- JACOBSON, L. V. *O potencial de utilização do e-learning no desenvolvimento de competências do administrador: considerando o estilo de aprendizagem do aluno de graduação*. São Paulo: USP, 2003. Tese (Doutorado em administração de empresas). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de São Paulo, FEA/USP. Disponível em: < [http://www.fea.usp.br/teses\\_dissertacoes](http://www.fea.usp.br/teses_dissertacoes) > Acessado em 21/10/2015.
- KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LAVILLE, A. *Ergonomia*. São Paulo: E.P.U., 1977.
- MAYER, R. *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University press. 2001.
- NUNES, M.; GIRAFFA, L. *A educação na ecologia digital*. PPGCC/ FACIN, PUCRS, 2003.
- RIO, R. P; PIRES, L. *Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica*. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2000.
- SANTOS, N.; FIALHO, F. *Manual de Análise Ergonômica do Trabalho*. Curitiba: Genesis. 2ª ed. 1997.
- SWELLER, J. *Cognitive Load Theory: A Special Issue of educational Psychologist*?. LEA, Inc., 2003.
- TAVARES, J. C. *Tópicos de administração aplicada à segurança do trabalho*. 5ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora SENAC, 2006.
- WADA, C.C.B.B. *Saúde: Determinante Básico do Desempenho*. Revista Alimentação e Nutrição, n. 56, p. 36-38, 1990.



## Melhoria da eficiência global dos equipamentos por meio do desdobramento de metas em uma indústria gráfica

Júnio César Carvalho Pereira<sup>1</sup>

Letícia Aparecida Santos<sup>2</sup>

Lucas Guimarães Mansur Nascimento<sup>3</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>4</sup>

**Resumo:** O fator essencial para a competitividade de qualquer organização é a sua própria estratégia de atuação. Em vista disso, é importante que haja alinhamento de propósitos desde a alta administração até o nível operacional, de maneira que cada um conheça sua contribuição para alcance do objetivo vital da empresa. Assim, o desdobramento de metas, objeto central deste trabalho, faz com que a estratégia organizacional funcione de forma sistemática, direcionando pessoas a resultados ótimos. Neste sentido, por meio de análise de dados levantados, constatou-se a necessidade de aumentar a eficiência global dos equipamentos (OEE) do setor de cartonagem de uma indústria gráfica, que estava sendo impactada, sobretudo, pela baixa disponibilidade de uma das impressoras flexográficas. A partir de medidas geradas pelo desdobramento de metas, foram executadas ações como a cronoanálise e adoção de atividades paralelas, que promoveram melhoria de 49,12% na eficiência global da principal máquina gargalo deste setor. Em função dos resultados obtidos, foi definida uma sistemática para implementação da metodologia de desdobramento de metas, baseada no modelo de gerenciamento pelas diretrizes (*hoshin kanri*), que deve ser aplicada nos demais setores da empresa.

**Palavras-chave:** Desdobramento de metas. Eficiência global dos equipamentos. Gerenciamento pelas diretrizes. Indústria gráfica.

1. Engenheiro de Produção, Universidade de Itaúna, engpro.cesar@gmail.com.

2. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, santos.leticiaa@gmail.com.

3. Engenheiro de Produção, Universidade de Itaúna, lucasgmansur@gmail.com.

4. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

### 1. Introdução

Um dos caminhos mais assertivos para conduzir a organização em direção ao alcance de seus objetivos é o planejamento estratégico que, se realizado de forma eficiente, contribui para o êxito de ações que otimizam níveis de produção, vendas e demais resultados operacionais e financeiros da empresa. Assim, o planejamento estratégico é uma metodologia administrativa que possibilita estipular a direção a ser seguida pela empresa, direcionando ações e melhorando a integração entre os níveis estratégico, tático e operacional.

No planejamento, além da implementação das estratégias, faz-se necessário o estabelecimento de uma estrutura balanceada de indicadores para todos os níveis hierárquicos, sustentados por valores e prazos. Estes três fatores, em conjunto, constituem as metas, que

devem ser claras, de fácil entendimento e atingíveis. A ausência ou a definição ineficiente de metas pode ocasionar queda de rendimento dos funcionários e ações ineficazes.

Considerando este contexto, observou-se, a partir de dados de eficiência de máquina da empresa pesquisada, a necessidade de alinhamento de ações dos funcionários do setor de cartonagem, de forma a promover o aumento do índice de eficiência global desta área que foi apontada como prioridade diante do diagnóstico realizado. Para tanto, utilizou-se o desdobramento de metas, método oriundo do gerenciamento pelas diretrizes (GPD) que busca definir uma diretriz considerada crítica pela alta gerência e dividi-la em várias outras diretrizes sob a responsabilidade de outros níveis. Assim, partindo do pressuposto que o envolvimento das pessoas e o direcionamento de ações proporcionam maior eficácia na execução do trabalho, a utilização do desdobramento de metas se mostra como importante instrumento para a melhoria de resultados da organização.

## 2. Metodologia

Este trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada que, por meio do GPD, permitiu a geração de conhecimentos direcionados à melhoria do índice de eficiência global dos equipamentos (OEE) por meio do desdobramento de metas de uma indústria gráfica.

O GPD, ou *hoshin kanri*, é uma forma de gestão que possibilita a sobrevivência da empresa através da participação de toda sua equipe, por meio do planejamento estratégico e do gerenciamento da rotina do trabalho (CAMPOS, 1994). A introdução do desdobramento das diretrizes na organização indica o estabelecimento de um planejamento estratégico alinhado à gestão diária, possibilitando o controle eficaz das estratégias de médio e longo prazos pela alta gerência e o aperfeiçoamento dos processos e produtos (AKAO, 1997).

A diretriz é composta por uma meta e por medidas prioritárias que possibilitarão o alcance da finalidade proposta (CAMPOS, 1994; AKAO, 1997). As medidas, que podem ser desdobráveis ou não, são definidas por Campos (2004, p. 50), como “meios ou métodos específicos para se atingir a meta”. Todas as diretrizes desdobradas devem estar intimamente ligadas à diretriz original, de forma que o cumprimento de todos os desdobramentos resulte no cumprimento da diretriz estabelecida originalmente, conforme demonstrado na FIGURA 1.

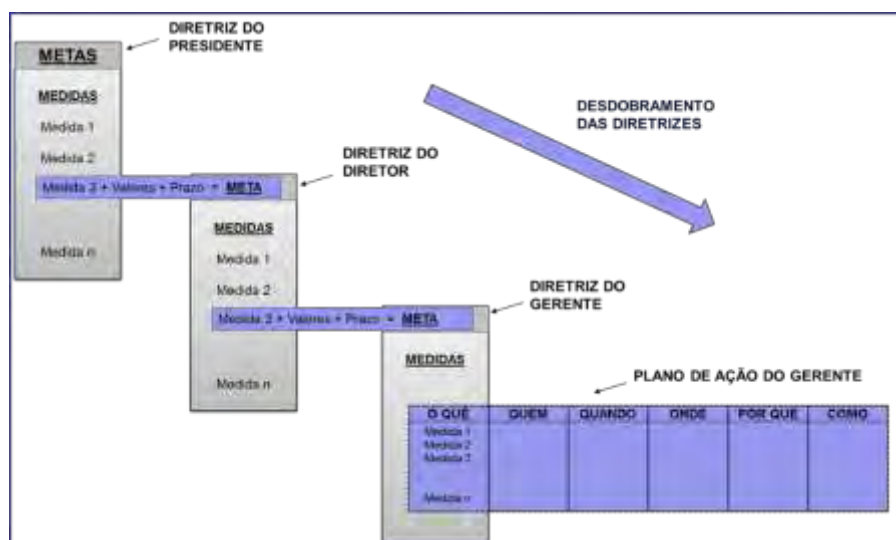


FIGURA 1 - Desdobramento das diretrizes. Fonte: Adaptado de Campos (2004).



Há duas formas de desdobrar uma diretriz. No primeiro método (método A) são estabelecidas medidas prioritárias suficientes para o atingimento de cada meta, dando origem a novas metas em outros níveis hierárquicos. Já no segundo método (método B) são feitos os desdobramentos das metas em todos os níveis hierárquicos e depois para cada nível o desdobramento das medidas (GIMENES; ROCHA & GIMENES, 2002). Neste trabalho optou-se pelo método A de desdobramento.

Para o planejamento da implementação de todas as medidas a serem executadas utiliza-se o 5W2H que indica a ação que deve ser tomada (*what* – o que), identificando o responsável (*who* – quem), o período de realização (*when* – quando), o propósito (*why* – porquê), o local onde será realizada (*where* – onde) e a forma de implementação desta ação (*how* – como) (GIMENES; ROCHA & GIMENES, 2002).

Para monitorar a eficácia das medidas, são utilizados indicadores de desempenho, sendo que o controle dos desvios se dá através do método PDCA (*plan, do, check, act*), que facilita a localização dos erros e motivos pelos quais eles ocorrem. Além disso, são realizadas reuniões periódicas para acompanhamento dos planos. Devem ser realizadas reuniões com cada setor e o presidente para reflexão, controle dos resultados e análise da eficiência do GPD (GIMENES; ROCHA & GIMENES, 2002).

Nesta pesquisa, definiu-se pelo uso do índice de eficiência global – do inglês *overall equipment effectiveness* (OEE) – como forma de acompanhar a produtividade da fábrica considerando simultaneamente a utilização dos equipamentos, sua produtividade e a qualidade da produção final. A relação destes fatores às grandes perdas do equipamento está ilustrada na FIGURA 2.

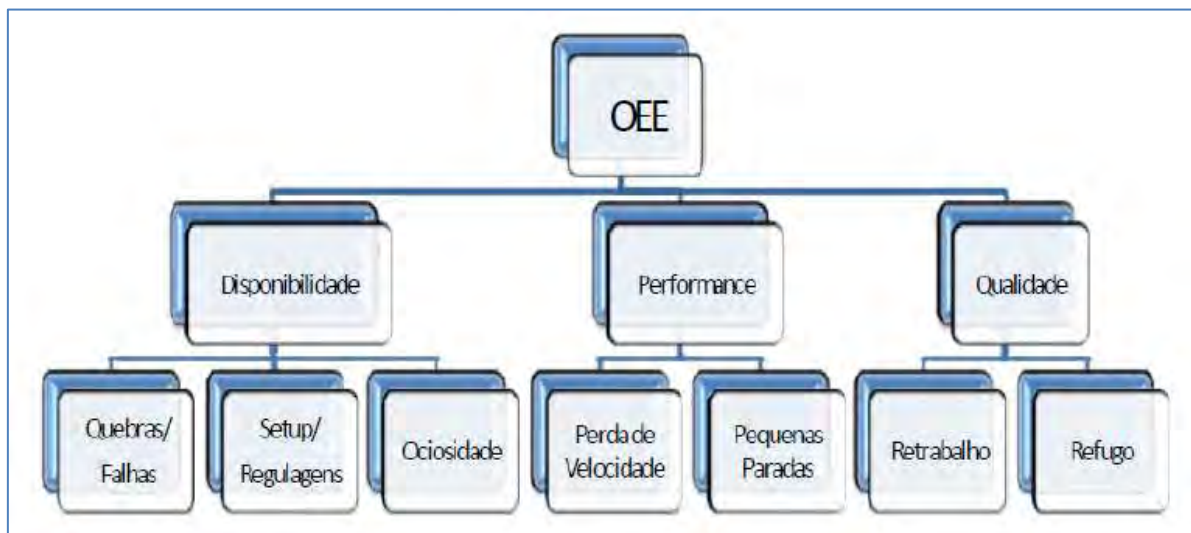


FIGURA 2 - Taxas do OEE relacionadas às grandes perdas. Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

A taxa de disponibilidade é dada pela relação entre o tempo real de produção e o tempo disponível para produzir; a taxa de performance é a relação entre a velocidade de produção do equipamento e a velocidade nominal do fabricante; e a taxa de qualidade relaciona a quantidade de defeitos em relação ao volume total produzido (NAKAJIMA, 1989). O OEE é calculado pelo produto das três taxas, sendo o valor final expresso em percentual.



Portanto, levando-se em consideração os aspectos mencionados, descreve-se neste trabalho a utilização do desdobramento de metas como meio para garantir aumento de 28% no OEE do setor de cartonagem de uma indústria gráfica, até o mês de dezembro de 2017, além da definição de sistemática para implementação do desdobramento das diretrizes na empresa.

O problema foi abordado de forma quantitativa, pois a implementação do desdobramento de metas demanda representação numérica dos dados, por meio do uso de indicadores de desempenho e seus respectivos valores. Os dados levantados devem representar numericamente a disponibilidade, a performance e a qualidade do equipamento. Por meio dos números encontrados é possível calcular o OEE e, dessa forma, determinar as metas de eficiência.

Neste estudo de caso foi possível analisar detalhadamente os fatores que interferem diretamente no alcance das metas definidas e estabelecer padrões a serem seguidos, proporcionando maior familiaridade com os motivos da baixa produtividade e permitindo o levantamento de hipóteses para solucionar o problema em questão.

O trabalho foi realizado no setor de cartonagem, que faz parte do departamento de produção da indústria gráfica pesquisada, localizada em Minas Gerais. A aplicação do desdobramento de metas teve como alvo uma das impressoras flexográficas deste setor.

Os dados foram coletados por meio de pesquisa documental, constituída por históricos de controle de produção e de controle de perdas. Através dos primeiros obteve-se os valores de performance e disponibilidade das máquinas, enquanto nos segundos obteve-se os valores referentes à qualidade.

Este trabalho se deu até junho de 2017, mas as ações e resultados serão monitorados até a realização da análise final, em dezembro de 2017, data em que será feita a verificação do atingimento da meta.

## **2.1 O contexto do estudo**

A empresa objeto do estudo possui em torno de vinte indicadores no departamento de produção, que envolvem prazo de entrega ao cliente, índices de não-conformidades, eficiência de atendimento a clientes internos, entre outros. Cada indicador possui um responsável e medidas são registradas em planos de ação diante do não atingimento da meta. Mensalmente, é feita uma reunião com a participação de todos os envolvidos, onde é exposto cada resultado e sua posição em relação à meta.

Embora exista uma gestão por resultados estruturada, observou-se que os indicadores são geridos de forma isolada, sem estarem atrelados a um objetivo comum. Logo, as ações são conduzidas apenas em nível local, o que dificulta a melhoria contínua de forma sistêmica, indispensável para que a empresa se sobressaia no mercado.

Dentre os meios disponíveis para se atingir o aumento de produtividade e redução de custos, optou-se pela métrica de desempenho OEE, que indica os caminhos a serem seguidos para garantir aumento de eficiência das máquinas e eliminação de gargalos de produção.

## **2.2 Análise do problema**

Comparando-se a eficiência global das duas áreas de impressão da empresa pesquisada, observou-se que a cartonagem possui 14,66% a menos de OEE em relação à



impressão plástico. Isto indica que nesse setor podem existir máquinas não eficazes quanto ao seu fluxo de valor, isto é, apresentam valores significativos de perdas relacionadas a tempo de inatividade, velocidade ou ainda defeitos. Sendo assim, estratificou-se o resultado semestral de OEE das máquinas de impressão da cartonagem conforme apresentado no GRÁFICO 1.

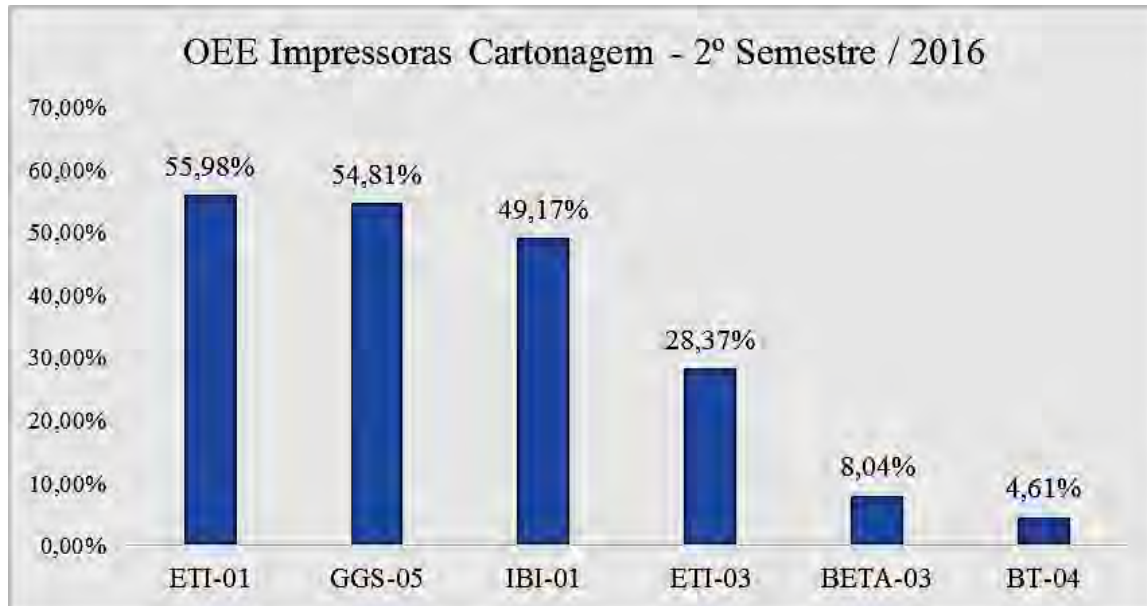


GRÁFICO 1 - Eficiência global das impressoras da cartonagem no 2º semestre de 2016

O GRÁFICO 1 indica que a máquina BT-04 é o principal gargalo do setor. É importante observar, no entanto, que o índice de disponibilidade desta máquina é influenciado pelo fator sazonal, o que afeta diretamente o seu OEE. Logo, seu desempenho não é aprofundado neste estudo. O mesmo se aplica à BETA-03, que também é destinada apenas para serviços específicos e não recorrentes. Em vista disso, a máquina ETI-03 é considerada como o principal gargalo no presente estudo.

A ETI-03 é uma máquina flexográfica de banda estreita, com largura de impressão máxima de 250 mm, capaz de processar substratos de papel, como o couchê e cartão, e também materiais plásticos, como o polipropileno biorientado (BOPP). Suporta até seis cores de impressão, mais a aplicação de verniz ultravioleta (UV).

Pôde-se observar que a eficiência global da máquina ETI-03 no ano de 2016 foi de 26,61%, conforme dados relacionados no GRÁFICO 2. Para a apuração dos índices eliminou-se o resultado de fevereiro pelo fato de ter sido um mês atípico.

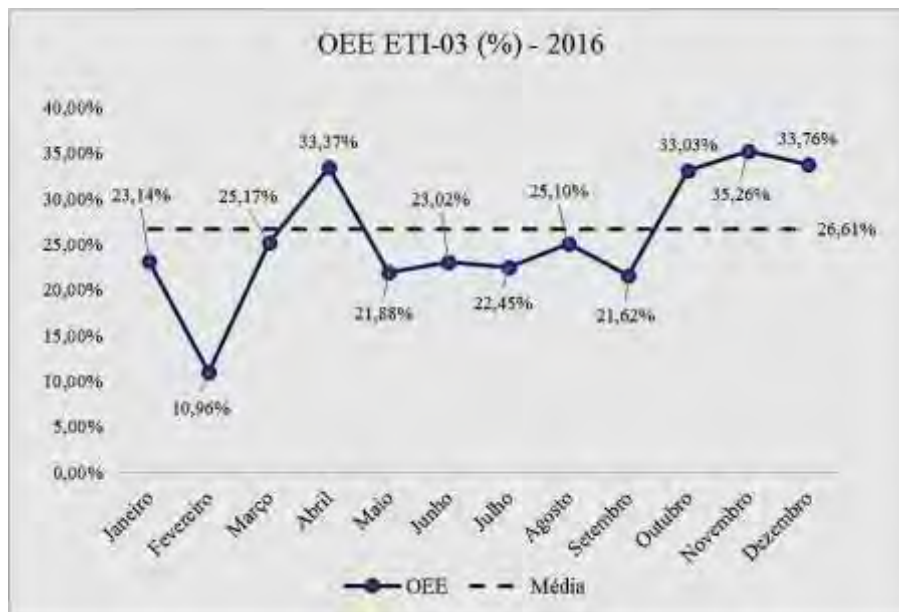


GRÁFICO 2 - Eficiência global da ETI-03 referente ao ano de 2016

O histórico de performance da máquina ETI-03, do período de janeiro a dezembro de 2016, indicou que esta máquina trabalha em torno de 74,42% de sua capacidade, conforme ilustrado no GRÁFICO 3. Os melhores resultados mensais, que giram em torno de 81,72%, indicam que medidas podem ser adotadas a fim de reduzir as paradas de máquina.

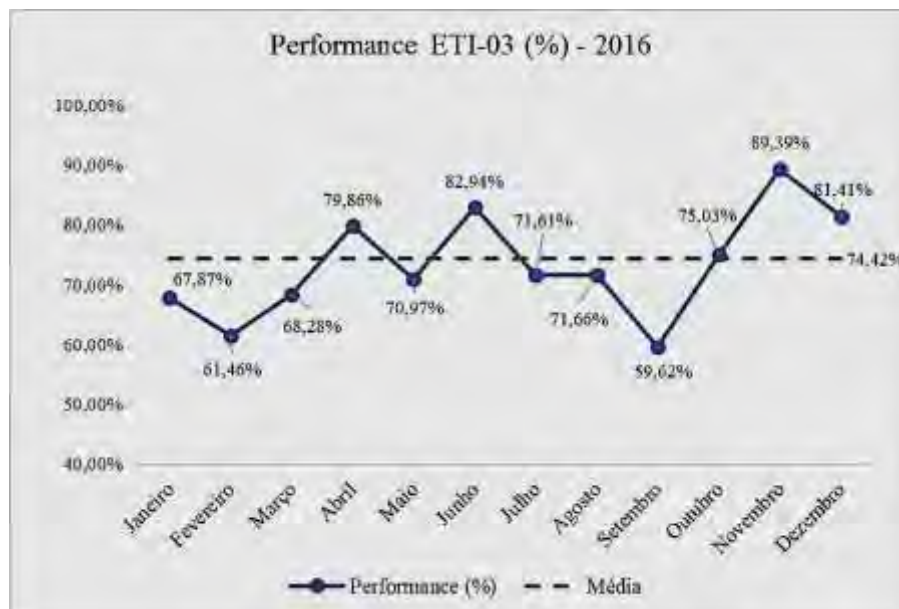


GRÁFICO 3 - Performance da ETI-03 referente ao ano de 2016

Fez-se, também, o levantamento do tempo que a ETI-03 é utilizada para produção em relação ao seu tempo disponível, determinando, assim, os índices de disponibilidade. Esta máquina, assim como as demais do setor, é submetida a serviços de complexidades variáveis, afetando seu índice de disponibilidade de um mês para o outro. No período analisado, obteve-se disponibilidade média de 37,90%, conforme demonstrado no GRÁFICO 4, sendo possível





obter disponibilidade acima de 44,00% por meio da eliminação de tempos improdutivos.



GRÁFICO 4 - Disponibilidade da ETI-03 referente ao ano de 2016

Por último, obteve-se o histórico dos índices de qualidade da máquina ETI-03, que foram calculados estabelecendo-se a relação entre volume liberado e volume efetivamente produzido. Ao se confrontar a média anual de 94,35% com o resultado do *benchmarking* interno, equivalente a 96,00% (GRÁFICO 5), pôde-se observar que existem melhorias a serem analisadas no que tange à qualidade da matéria-prima e ferramentais.

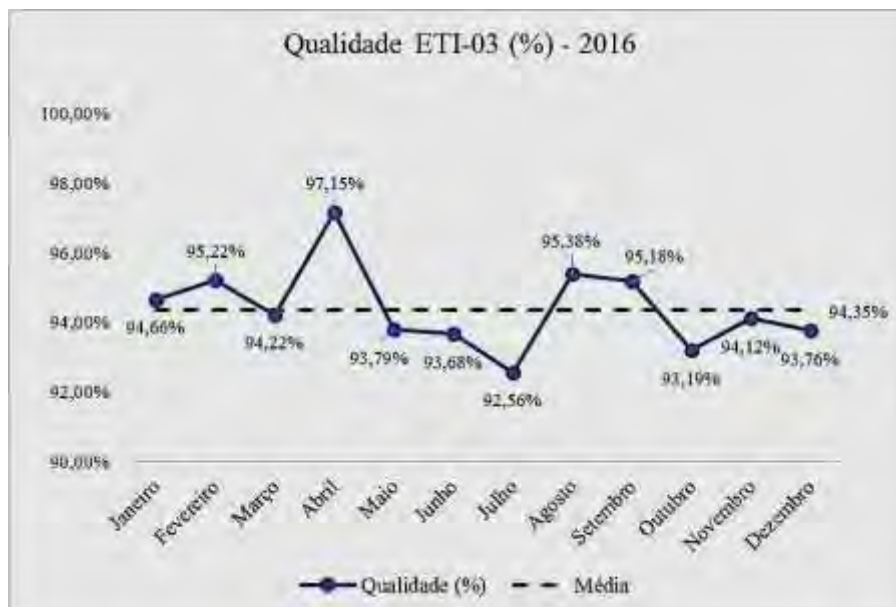


GRÁFICO 5 - Qualidade da ETI-03 referente ao ano de 2016

### 2.3 Ações implementadas

Por meio de um processo de avaliação da situação da organização pela diretoria, com



base em informações do mercado e da concorrência, definiu-se como meta anual o aumento de produtividade da cartonagem – calculada neste trabalho por meio da razão entre faturamento e custos – em 6,3% até dezembro de 2017. Assim, no final do ano de 2017, pretende-se alcançar produtividade de 1,35.

A sequência dos desdobramentos, contendo os níveis hierárquicos e as diretrizes correspondentes, pode ser visualizada na FIGURA 3.

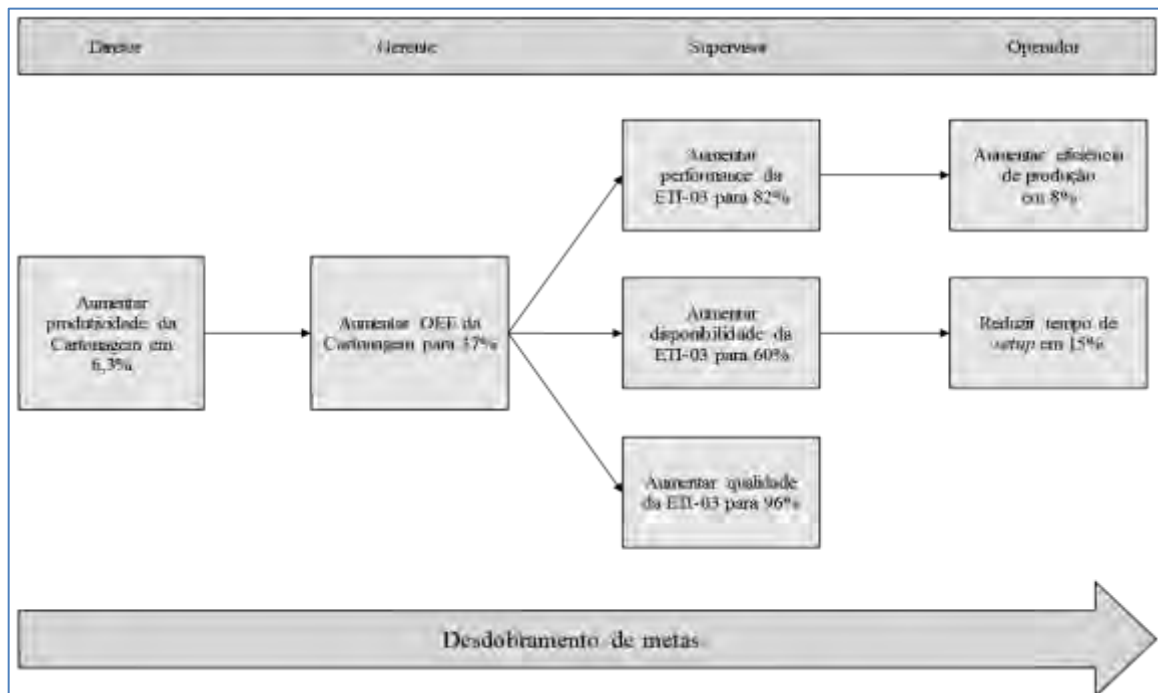


FIGURA 3 - Desdobramento de metas da cartonagem

## 2.4 Definição e execução do plano de ação

“Um desdobramento só estará completo quando todas as diretrizes resultarem em planos de ação” (CAMPOS, 2004, p. 102). Para tanto, a partir das medidas resultantes do desdobramento, foi elaborado plano de ação descrevendo-se os procedimentos necessários para as quatro medidas implementadas – aumentar OEE da Cartonagem; aumentar disponibilidade da ETI-03; aumentar performance da ETI-03 e aumentar qualidade da ETI-03 – assim como a razão para realizá-las, o prazo para conclusão, setor e responsável.

A partir do estudo de tempos e movimentos, levantou-se o histórico de apontamentos de horas paradas da ETI-03 do período compreendido entre janeiro e dezembro de 2016. Os resultados indicaram que as atividades de *setup* e limpeza de máquina são responsáveis por 55% do tempo improdutivo total. Com isso, foram adotadas ações para se reduzir, prioritariamente, os tempos destas duas atividades.

A fim de levantar, de maneira mais detalhada e precisa, os tempos envolvidos nas operações de *setup* e produção, foi sugerida contratação de um cronoanalista para efetuar a medição dos tempos e movimentos de atividades realizadas nas máquinas do setor.

Na ETI-03, utilizada como máquina piloto no trabalho de cronoanálise, verificou-se que várias operações poderiam ser convertidas em *setup* externo. Além disso, a adoção de



operações paralelas foi empregada com o objetivo de reduzir tempo de *setup* interno por meio da multifuncionalidade. Seguindo este princípio, decidiu-se remanejar um operador para uma nova função, voltada especificamente para o *setup* das máquinas do setor. Sua principal tarefa é auxiliar na execução das operações externas, ou seja, aquelas que podem ser antecipadas para o próximo serviço em fila, enquanto o atual operador ainda está em máquina.

Outra ação foi realizada com o objetivo de otimizar a etapa de montagem de clichês nos cilindros, a qual era realizada pelos próprios operadores, tornando a impressão suscetível a problemas de qualidade como o desencaixe de cores. Como se trata de uma tarefa especializada, estabeleceu-se um funcionário fixo para realizar as montagens, aumentando o tempo disponível para impressão. Criou-se a ficha de programação de montagem, em que é preenchida a sequência de montagens de acordo com a programação de serviços das máquinas do setor para garantir que o cilindro porta-clichê montado esteja disponível ao início da próxima ordem de serviço.

Após observações *in loco*, pôde-se observar que um dos movimentos mais repetitivos do operador da ETI-03 durante o *setup* era a busca de ferramentas de impressão. No posto de trabalho, os cilindros anilox e porta-clichês ficam dispostos atrás da máquina, implicando em deslocamentos constantes do operador e que não agregam valor. Para solucionar este problema, a medida adotada foi a transferência das ferramentas para cavaletes próximos ao operador, permitindo a otimização do fluxo de movimentação.

O estabelecimento de metas para os operadores foi fundamental no gerenciamento pelas diretrizes em nível tático-operacional. Antes destas serem estabelecidas, não havia forma de monitoramento individual e os próprios operadores desconheciam seu desempenho. Assim sendo, foram designadas metas de *setup* e de produção para a realização de cada ordem de serviço, objetivando reduzir a ociosidade e aumentar a performance operacional.

## **2.5 Definição da sistemática de desdobramento de metas**

Com o propósito de dar continuidade ao método de desdobramento, sugere-se a definição de um coordenador da gestão da qualidade total (GQT), que seria responsável por padronizar o sistema de gerenciamento pelas diretrizes e realizar o acompanhamento de reuniões e indicadores.

Por meio de reunião entre diretoria e gerentes, sugere-se realizar uma sessão de *brainstorming* para definição da meta anual. Em seguida, os gerentes devem se reunir com seus subordinados para a busca de consenso em relação às metas estabelecidas (processo de *catchball*). A sequência de desdobramentos deve prosseguir até o último nível gerencial. As medidas originadas devem ser formalizadas em um plano de ação.

É fundamental que, para cada uma das metas estabelecidas, seja criado um item de controle e, para cada medida, um item de verificação. Assim, diante de cada desvio em relação à meta (anomalia), é importante que haja um processo de análise para determinação das causas por meio de um relatório de anomalias.

No fim do ano, é importante que o diretor e gerentes façam o relatório de reflexão anual. Deve-se realizar, também, o diagnóstico das diretrizes para verificar o quão efetivo está sendo o gerenciamento pelas diretrizes na empresa e se a equipe gerencial tem utilizado dos métodos de solução de problemas da forma correta. Recomenda-se a participação, além do diretor e da gerência do setor em questão, de funcionários tanto da área técnica como da área



administrativa. O objetivo final deve ser a apresentação dos resultados – positivos e negativos – dos processos desenvolvidos e projetos futuros.

### 3. Resultados

Após serem implementadas ações relativas à máquina ETI-03 observou-se aumento de 52,73% no OEE do setor de cartonagem em relação à média de 23,08% do último trimestre de 2016, ou seja, obteve-se média de 35,25% no 1º trimestre de 2017; apenas 1,75% abaixo da meta anual de 37,00% estabelecida para 2017, conforme demonstrado no GRÁFICO 6.

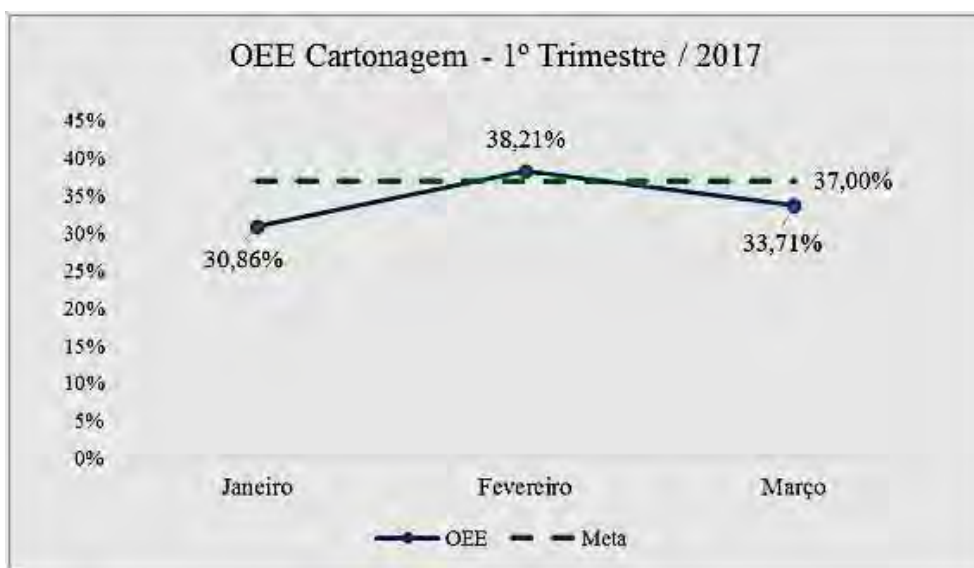


GRÁFICO 6 - Eficiência global do setor cartonagem no 1º trimestre de 2017

A ETI-03 apresentou OEE de 35,76% no primeiro trimestre de 2017 (GRÁFICO 7), representando aumento de 49,12% em relação ao primeiro trimestre de 2016 cujo resultado foi de 23,98%. O significativo aumento indica que as medidas adotadas no desdobramento de metas foram efetivas.

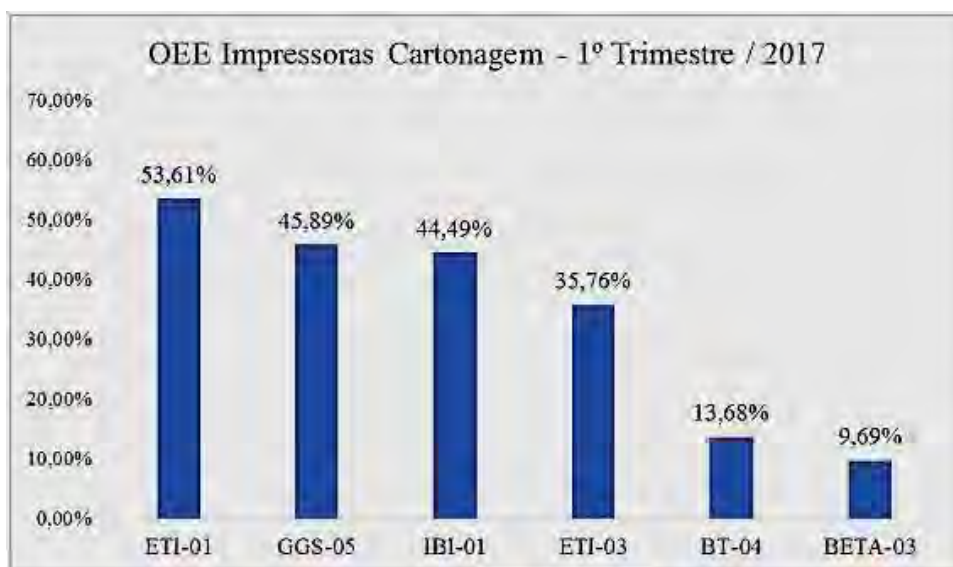


GRÁFICO 7 - Eficiência global das impressoras da cartonagem no 1º trimestre de 2017

#### 4. Discussão

As ações aplicadas para melhorar a eficiência global da ETI-03 foram eficientes e apresentaram resultados satisfatórios conforme indicado no GRÁFICO 8. Contudo, espera-se ainda aumento de no mínimo 4,96% no OEE da cartonagem após a aplicação do desdobramento de metas nas demais máquinas do setor.

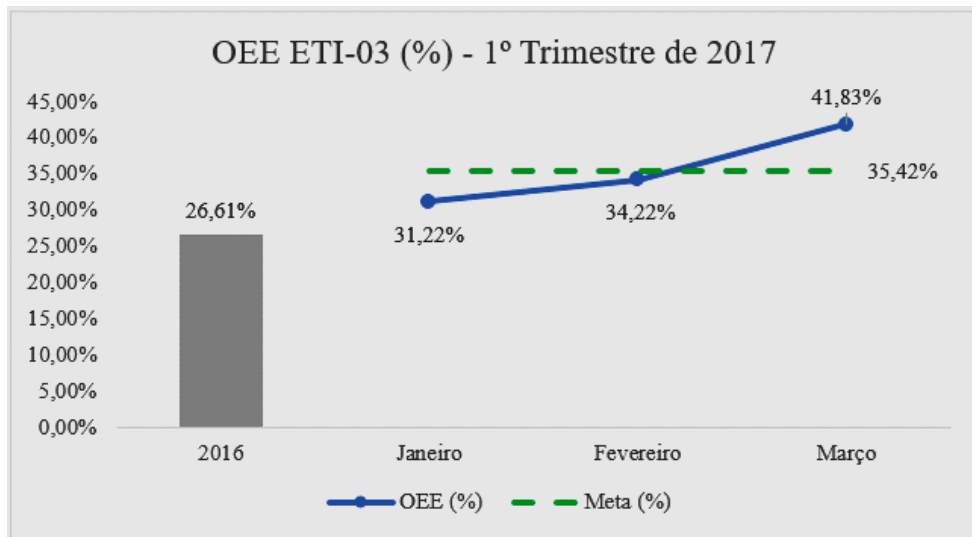


GRÁFICO 81 - Eficiência global da ETI-03 referente ao 1º trimestre de 2017

A melhoria do OEE da máquina ETI-03 foi possibilitada - sobretudo - pelo aumento da disponibilidade desta máquina (GRÁFICO 9), uma vez que a maioria das ações foram voltadas para a redução de horas paradas da máquina.



GRÁFICO 9 - Disponibilidade da ETI-03 no primeiro trimestre de 2017

É importante considerar que os resultados do setor também são influenciados por outras máquinas. Todavia, como não houveram intervenções diretas como ocorrido na ETI-

03, conclui-se que a pequena oscilação no OEE dos demais equipamentos é justificada pela variação da demanda.

Por meio da análise dos resultados pode-se comprovar a viabilidade de implantação do desdobramento de metas que, se adotado de forma sistemática na empresa, torna-se uma metodologia estratégica para a resolução de problemas e melhoria de resultados em todos os níveis hierárquicos.

## 5. Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho permitiu verificar a eficiência do desdobramento de metas no que tange ao direcionamento das ações de pessoas e recursos, possibilitando que todos os funcionários contribuam efetivamente para alcance das metas da organização. Além disso, permitiu a adoção de uma visão holística na resolução de problemas, por meio da tradução dos indicadores estratégicos, táticos e operacionais em uma linguagem comum.

Após a realização do desdobramento e alinhamento das metas no setor de cartonagem, executou-se o plano de ação a partir das medidas definidas. Os resultados indicaram aumento notável nos índices de disponibilidade da máquina ETI-03, uma vez que a maioria das intervenções foram feitas com a finalidade de eliminar os tempos improdutivos. Dentre elas, destaca-se redução do tempo de *setup* interno por meio da adoção de atividades paralelas, além da disponibilização de insumos no posto de trabalho antes do início do próximo serviço.

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a melhoria da eficiência global da ETI-03 proporcionou aumento no OEE da cartonagem, aproximando-se da meta estratégica determinada. Isto comprova que o gerenciamento pelas diretrizes, incrementando a velocidade nas tomadas de decisão e possibilitando a concentração de recursos em projetos prioritários, resulta em melhorias essenciais para a organização.

## Referências

- AKAO, Y. *Desdobramento das Diretrizes para o Sucesso do TQM*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- CAMPOS, V. F. *Gerenciamento pelas Diretrizes: Hoshin Kanri*. 4. ed. Nova Lima: Indg Tecs, 2004. 300 p.
- CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. *Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 415p.
- GIMENES, R. M. T.; ROCHA, V. L.; GIMENES, F. M. P. *O gerenciamento pelas diretrizes e o balanced scorecard como uma ferramenta de gestão estratégica*. Revisitas de Ciências Empresarias da Unipar, Toledo, v. 3, n. 1, p.19-44, jan. 2002. Semestral.
- NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM: Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Educativos, 1989.
- MINTZBERG, H.; QUINN, J. B. Q. *O processo da estratégia*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 404 p.
- OLIVEIRA, D. P. R. *Planejamento estratégico: conceitos, metodologias e práticas*. 27.ed São Paulo: Atlas, 2010, 335 p.
- ZATTAR, I. C.; RUDEK, S.; TURQUINO, G. S. *O uso do indicador OEE como ferramenta na tomada de decisões em uma indústria gráfica: um caso prático*. Iberoamericana de Engenharia Industrial, Florianópolis, v. 2, n. 2, p.113-132, dez. 2010. Semestral. CAMPOS, V. F. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 5. ed. Rio de Janeiro: Bloch Ed., 1994.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## Montagem e análise do desempenho de uma bancada de refrigeração por compressão

Flávio França Vasconcelos<sup>1</sup>

Geraldo do Carmo Santos Oliveira<sup>2</sup>

Héilton Gilmar Coutinho Júnior<sup>3</sup>

João Pedro Paulino Martins<sup>4</sup>

Letícia Ferreira Teixeira<sup>5</sup>

Matheus Henrique Gonzaga Niterói<sup>6</sup>

Yuri Amaral de Ávila<sup>7</sup>

Ewerton Augusto Souza Nogueira<sup>8</sup>

José Felipe Dias<sup>9</sup>

Juliano Simeão<sup>10</sup>

Sabrina Nogueira Rabelo<sup>11</sup>

**Resumo:** Devido à crescente procura por sistemas de refrigeração que, são utilizados em diversas áreas do nosso cotidiano, como a climatização de ambientes e conservação de alimentos (refrigeração e congelamento), atualmente existe uma forte tendência mundial para se tentar elaborar estudos e pesquisas que visam otimizar esses sistemas, de forma a melhorar suas eficiências. Assim, com o objetivo de verificar e analisar os diversos fatores que influenciam um sistema de refrigeração, desenvolveu-se uma bancada de refrigeração por compressão, e analisaram-se seus componentes. O R-22 (clorodifluorometano) foi utilizado como fluido de trabalho. Apesar desse refrigerante apresentar um moderado índice de GWP, igual a 1700, possui uma baixa concentração de cloro em sua estrutura com índice de OPD praticamente igual a 0 e ótimas propriedades termodinâmicas, tornando-o um excelente fluido para sistemas de refrigeração. O sistema foi composto por um compressor hermético, um condensador resfriado por convecção forçada do ar, evaporador simples de expansão direta e um tubo capilar. Os resultados obtidos para o COP variaram entre 3,15 a 4,63. Variou-se a velocidade de rotação da hélice responsável pela convecção forçada do condensador a fim de analisar sua influência sobre o COP do sistema.. Dessa forma, conseguiu-se obter uma temperatura de saída do ar de até 0 °C.

**Palavras-chave:** Sistema de refrigeração por compressão, COP, Energia.

1. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [flaviofv@yahoo.com.br](mailto:flaviofv@yahoo.com.br)
2. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [geralducajuru@hotmail.com](mailto:geralducajuru@hotmail.com)
3. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [helitongcj@hotmail.com](mailto:helitongcj@hotmail.com)
4. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [joapedromg16@yahoo.com.br](mailto:joapedromg16@yahoo.com.br)
5. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [ferreira-let@hotmail.com](mailto:ferreira-let@hotmail.com)
6. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [matheushgn@gmail.com](mailto:matheushgn@gmail.com)
7. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, [yuriaavila1@gmail.com](mailto:yuriaavila1@gmail.com)
8. Engenharia Mecânica, Mestre, Universidade de Itaúna, [labmetal@uit.br](mailto:labmetal@uit.br)



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

9. Engenharia Mecânica, Doutor, Universidade de Itaúna, [josefelipedias@gmail.com](mailto:josefelipedias@gmail.com)
10. Engenharia Mecânica, Mestre, Universidade de Itaúna, [jdsimeao@gmail.com](mailto:jdsimeao@gmail.com)
11. Engenharia Mecânica, Mestre, Universidade de Itaúna, [sasanogueirarab@hotmail.com](mailto:sasanogueirarab@hotmail.com)

## 1. Introdução

Devido à crescente procura por sistemas de refrigeração, que são utilizados em diversas áreas do cotidiano, como a climatização de ambientes e conservação de alimentos (refrigeração e congelamento), atualmente existe uma forte tendência mundial para na elaboração de estudos e pesquisas que visam a otimizar esses sistemas, de forma a melhorar seus rendimentos. O estudo de Wani, *et al.*, (2016), por exemplo, aumentou o COP em 10,35% do sistema adicionando apenas um ejetor ao ciclo de refrigeração convencional.

Como se sabe, os sistemas de refrigeração podem ser definidos como equipamentos que permitem a movimentação do calor de forma eficiente ao contrário do sentido natural, ou seja, transfere calor de uma fonte a baixa temperatura para uma a alta temperatura (FERREIRA, 2010). As aplicações desses sistemas são inúmeras como a climatização de ambientes, conservação de alimentos associados a unidades de ar condicionado ou refrigeradores, entre outros sistemas que já se tornaram imprescindíveis para a sociedade atual.

O fluido de trabalho para se utilizar nesses sistemas de refrigeração é uma grande problemática da atualidade. Desde do Protocolo de Montreal, Kyoto e recentemente a emenda de Kigali em 2016, determinou-se que os fluidos CFCs, HCFCs, HFCs, devem ser substituídos em um médio-longo prazo. De acordo com Douglas, *et al.*, (1999), vários critérios devem ser considerados ao selecionar refrigerantes para a substituição, incluindo: estabilidade química, segurança, ambiente e desempenho térmico.

Dessa forma, apesar do R-22, fluido refrigerante empregado no presente trabalho, ser um HCFC com GWP (Global Warming Potencial) igual a 1700, e ODP (Ozone Depletion Potencial) desse fluido é praticamente zero (0,055), além de apresentar grandes vantagens para um sistema de refrigeração, pois é atóxico, não inflamável, possui baixa interação com óleos lubrificantes e ótima capacidade de refrigeração. O estudo de Shirvastava e Choudhari (2016), mostra que o R-22 é o fluido mais utilizado em sistemas de refrigeração de ar condicionado e em diversas aplicações comerciais. Os autores fizeram uma comparação do fluidos R-22 e HC-290. Apesar de muitas propriedades termodinâmicas serem bem similares, o COP do R-22 foi cerca de 15% maior em quase todos os casos comparado com HC-290.

O coeficiente de Performance (COP) é um demonstrativo da eficiência energética do sistema de refrigeração, quanto maior for o COP, maior será sua eficiência energética. Portanto, este trabalho tem como objetivo a montagem e a análise do desempenho energético da máquina desenvolvida, variando a rotação da hélice responsável pela convecção forçada do condensador.





## 2. Metodologia

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor da Universidade de Itaúna. Iniciou-se a montagem da bancada especificando os componentes e dispositivos térmicos que seriam necessários para composição da bancada, e para a análise do ciclo de refrigeração operando R-22.

Após a aquisição do material, os dispositivos térmicos foram instalados de forma a minimizar a perda de calor. Os componentes foram soldados e interligados por meio de tubos de cobre. Criaram-se plataformas para a fixação dos motores de convecção forçada na bancada. As hélices foram acopladas aos motores por meio de chavetas e pinos elásticos. Os dutos de condução do ar refrigerado foram confeccionados e pintados no laboratório.

Manômetros e termopares foram instalados na saída de cada dispositivo termodinâmico, além de termopares na entrada e saída do duto que conduz o ar resfriado. Foi usado um inversor de frequência para variar a rotação de um eixo motor, solidário a uma hélice que é responsável por fazer a convecção forçada no condensador.

Os dados da bancada foram coletados com o auxílio do software *LabVIEW* e as incertezas de cada dispositivo foram analisadas. Calculou-se o COP e desenvolveu-se os gráficos do ciclo de refrigeração com o auxílio do software *EES (Engineering Equation Solver)* A FIGURA 1 representa o esquema do ciclo de refrigeração básico por compressão da bancada.

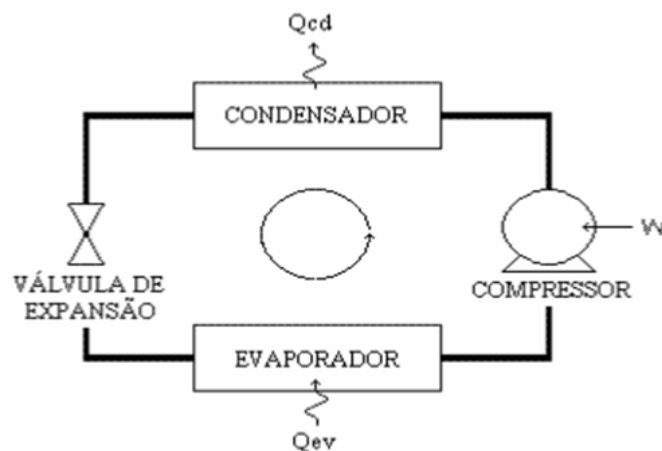


FIGURA 1 -Ciclo de refrigeração.

## 3. Resultados e Discussão

A FIGURA 2, demonstra a montagem final da bancada de refrigeração já com todos elementos operando.



FIGURA 2 –Montagem da bancada de refrigeração.

Na TABELA 1 nota-se alguns dados que foram coletados durante a operação da máquina em regime permanente, quando a temperatura do ar era de 23°C. Analisou-se as propriedades termodinâmicas para diferentes valores de frequência da rotação da hélice acoplada ao condensador. A rotação da hélice variou de 36hz, que corresponde a 1032 rpm, 48 hz que corresponde a 1376 rpm , até e 60 hz que corresponde a 1720rpm.

TABELA 1 - Dados coletados

Hz	T1(°C)	P1(Mpa)	T2(°C)	P2(Mpa)	T3(°C)	P3(Mpa)	T4(°C)	P4(Mpa)	T saída (ar)
36	88,3±1	2,106±0,145	46±1	2,057±0,145	0±1	0,517±0,116	0±1	0,474±0,116	4±1
48	86±1	1,812±0,145	35,3±1	1,719±0,145	-2±1	0,459±0,116	3,5±1	0,429±0,116	2±1
60	78,3±1	1,616±0,145	31±1	1,534±0,145	-3,7±1	0,435±0,116	7±1	0,4±0,116	0±1

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Nota: Ponto 1 saída do compressor, ponto 2 saída do condensador, ponto 3 saída do tubo capilar, ponto 4 saída do evaporador.

As leituras temperatura foram realizadas pelo software *LabView*, realizando 10 leituras a cada segundo de operação. O programa já foi elaborado para calcular a média e o desvio padrão após a medição de cada condição de operação. A interface do programa pode ser observada na FIGURA 3.

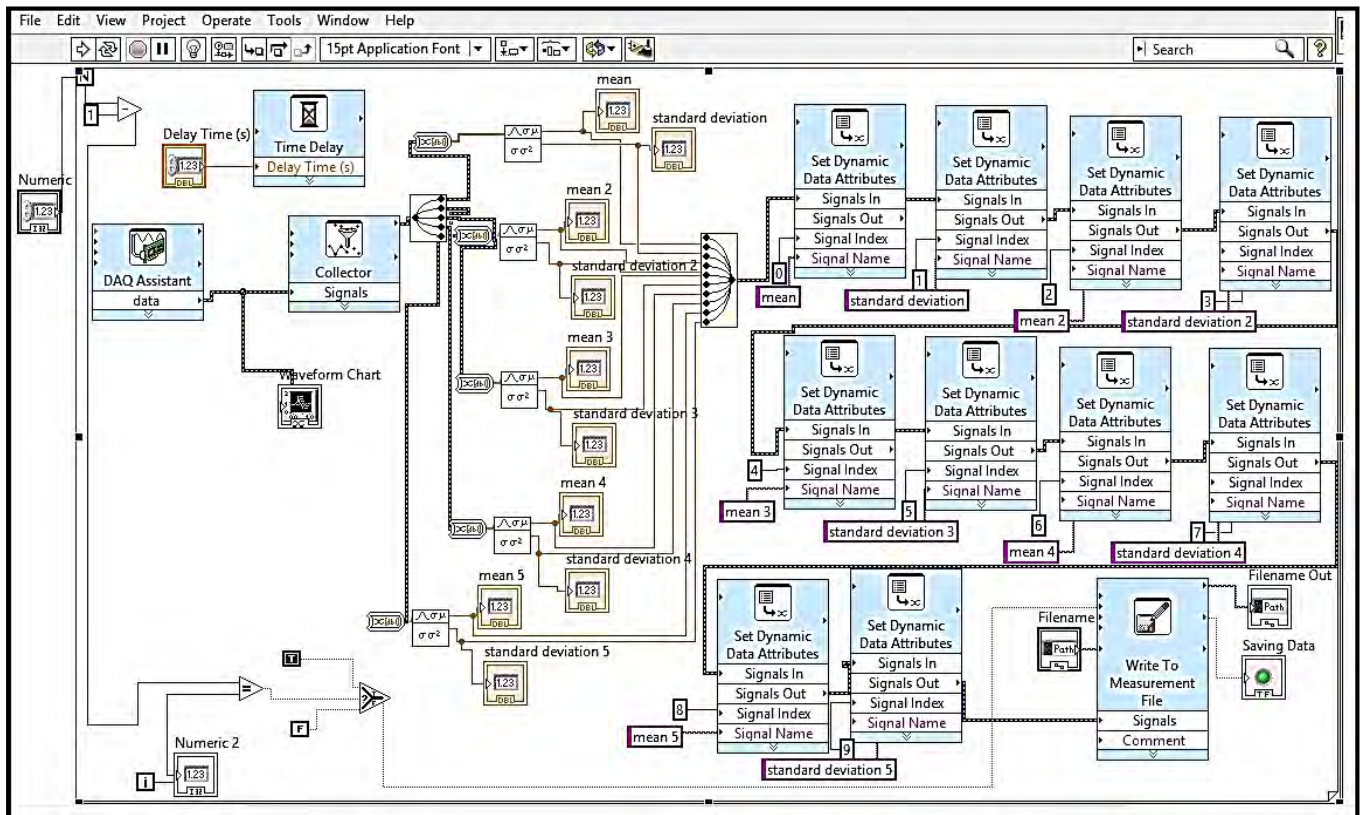


Figura 3 – Programa desenvolvido no LabView para leitura dos dados.

Já as pressões foram obtidas por meio das leituras dos manômetros. Com auxílio do programa EES(*Engineering Equations Solve*) calculou-se as propriedades do refrigerante, o COP e plotou-se os gráficos de pressão versus entalpia ( $P_xh$ ) para cada frequência de rotação analisada, 36Hz, 48Hz e 60Hz, conforme observa-se nas FIGURAS 4, 5 e 6, respectivamente.

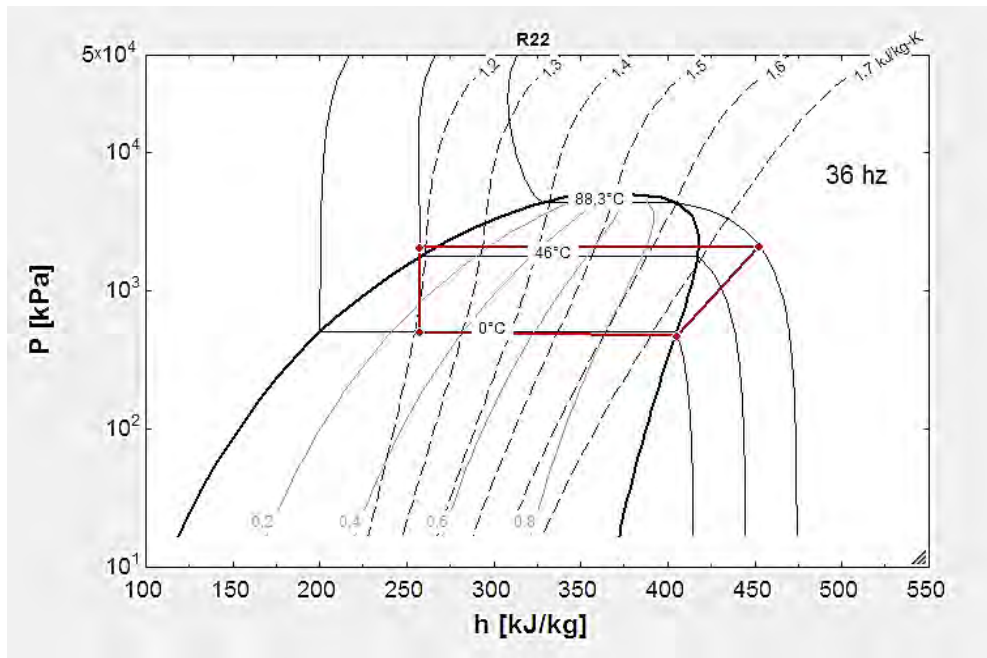


FIGURA 4 -Gráfico P<sub>x</sub>h para 36 Hz.

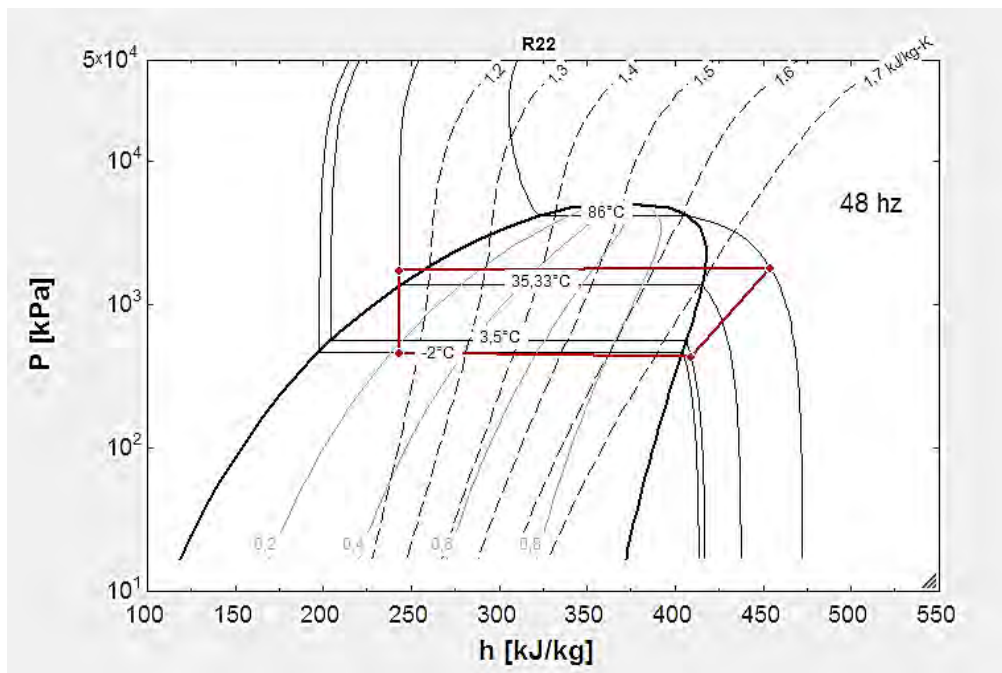


FIGURA 5 -Gráfico P<sub>x</sub>h para 48 Hz.

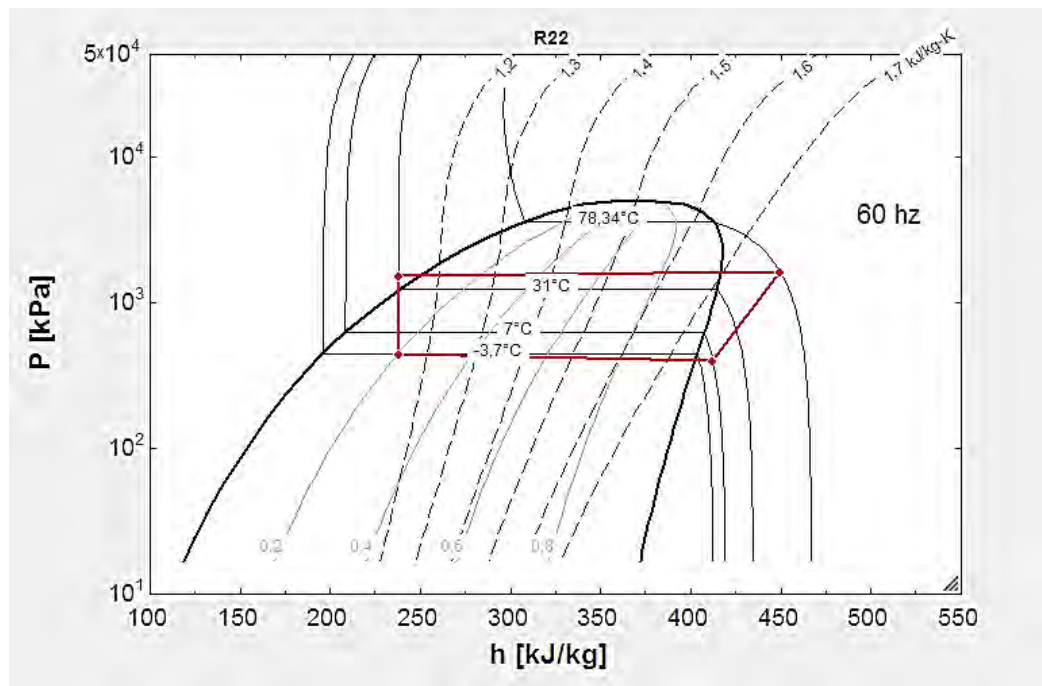


FIGURA 6 -Gráfico P-h para 60 Hz.

Os valores de COP obtidos são demonstrados na TABELA 2. A incertezas expandidas dos COPs, foram analisadas com o software EES, de acordo com as incertezas dos termopares e dos manômetros.

TABELA 2 – Variação do COP em função da frequência.

Hz	COP
36	3,15±0,094
48	3,689±0,108
60	4,63±0,154

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Os COPs obtidos tiveram valores bem satisfatórios comparado com outros trabalhos na literatura para sistemas de refrigeração similares. O trabalho de Copetti, et al (2006), operando com o mesmo fluido de trabalho, R22, relata que o maior COP obtido foi de 4,11. Deshmukh e Mali (2015), fizeram uma comparação de diversos fluidos, como R22, R134a, R290, R600a, R1270, R290 / R600a, R1270 / R290, R290 / R600a e R1270 / R600a (50/50), e conclui-se que o sistema que apresentou o maior COP, foi o que operou com R-22, valor de COP igual a 3.18.

Os estudos de Reis e Seidel (2015) analisaram os fluidos R11, R12, R22, R134A, R410A e R717, bem como o R22, o qual apresentou um COP muito próximo dos CFCs e da amônia, valor de 3,123.

Observa-se que COP do sistema refrigeração desenvolvido, operando com a frequência de 60Hz, COP de  $4,63 \pm 0,154$ , foi maior do que os relatados em alguns trabalhos. Em adição, nota-se que na maior rotação ocorreu um melhor rendimento. Isso se deve a uma melhor troca de calor realizada no condensador, fazendo com que o fluido chegasse a uma menor temperatura no evaporador, ocasionando assim uma troca de calor mais eficiente com o ar.

#### 4. Conclusão

A montagem da bancada foi satisfatória, obtendo-se valores de coeficiente desempenho favoráveis. Conforme esperado, observa-se que quanto maior a rotação, maior foi o valor do COP obtido. Futuros trabalhos objetivam melhorar ainda mais o COP do sistema, e devido as questões ambientais, busca-se fluidos alternativos que possam substituir, e até mesmo comparar, com o desempenho do R-22, como por exemplo um estudo com o novo fluido 1234-yf e/ou os fluidos naturais (HCs).

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Programa de Apoio, Fomento e Acompanhamento de Pesquisa da Universidade de Itaúna (PAFAP) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

#### 6. Referências

COPETTI, J. B.; BONA, L.; MACAGNAN, M. H.; SCHWEINBERGER, C. *Estudo experimental de um sistema de ar condicionado operando com R-22 e considerações teóricas sobre a substituição do refrigerante por propano (R-290)*. In: Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, 2006. Curitiba.

DESHMUKH, M. M.; MALI, K.V. Performance comparison of R22 refrigerant with alternative hydrocarbon Refrigerants. *Internation Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*, v. 4, p.2319-3182, 2015.

DOUGLAS, J. D.; BRAUN, J. E.; GROLL, E. A.; TREE, D. R. A cost-based method for comparing alternative refrigerants applied to R-22 systems. *Internacional Journal of Refrigeration*, v. 22, p.107-125, 1999.

EPE. *Avaliação da Eficiência Energética para os próximos 10 anos (2012-2021)*. Rio de Janeiro: Governo Federal do Brasil: 69 p. 2012.

FERREIRA, R. Projecto de uma bomba de calor com aproveitamento de energia solar. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Mecânica)– Departamento em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, 2010.

REIS, J. P.; SEIDEL, W. *Simulação numérica dos fluidos refrigerantes R11, R12, R22, R134A, R410A E R717 aplicado no ciclo de refrigeração por compressão de vapor convencional*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, XI, 2015. Campinas.



SHRIVASTAVA, A. P.; CHOUDHARI, C. S.; Evaluation of refrigerant R290 as a replacement to R22. *International Journal of Innovative Research in Science and Engineering*, v.2, n.3, p.739-747, 2016.

WANI, J. R.; AKILILU, T. BAHETA.; WOLDEYOHANNE, A. D.; HASSAN, S. Analysis of Refrigeration Cycle Performance with an Ejector. *Matec Web Conf. International Conference on Mechanical Engineering Research*, v, 74, 2016. DOI: 2017400021.



## **Estudo de variáveis que interferem no índice de reprocesso por encolhimento de urdume em tecido retardante à chama através do planejamento de experimentos**

Leigiane Mara de Sousa Santos<sup>1</sup>

Liliane Antunes Resende<sup>2</sup>

Danúbia Natania Parreiras<sup>3</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>4</sup>

Jeferson Laporais da Silva<sup>5</sup>

**Resumo:** O elevado índice de retrabalho nas organizações é um fator que provoca aumento dos custos, atrasos nas entregas dos pedidos e conseqüentemente insatisfação dos clientes. Neste trabalho, buscou-se conhecer variáveis que podem influenciar no índice de reprocesso devido à reprovação por encolhimento de urdume de um tecido com acabamento retardante a chama, com objetivo de atingir redução de 50% neste índice. Para isso, o problema foi abordado de forma quantitativa utilizando-se a metodologia de planejamento de experimentos (DOE) e outros recursos estatísticos. Os dados foram coletados através da realização de experimentos cujo objetivo era testar a hipótese de que a temperatura e a velocidade do processo de polimerização influenciam no encolhimento de urdume do tecido. Após análise estatística foi possível comprovar que a velocidade e a temperatura nos níveis propostos no trabalho não influenciam no encolhimento de urdume do tecido pesquisado. No entanto, recomenda-se controlar e manter estável a temperatura da polimerizadeira e realizar novos experimentos utilizando outros níveis dos fatores velocidade e temperatura.

**Palavras-chave:** Encolhimento de urdume. Retrabalho. Tecido retardante à chama. DOE.

1. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, leigianems@gmail.com.
2. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, liliane\_antunes\_resende@hotmail.com.
3. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, danubianatania@hotmail.com.
4. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.
5. Engenheiro Industrial Mecânico, Universidade de Itaúna, jeferson.laporais@gmail.com.

### **1. Introdução**

Diante de um cenário com competitividade acirrada e constantes transformações, as empresas devem buscar inovações e novos métodos para se diferenciarem da concorrência. Para isto é necessário otimizar processos, reduzir custos, qualificar a equipe, investir em novas tecnologias e utilizar ferramentas e técnicas adequadas para a obtenção de produtos que atendam às necessidades do mercado com preços e prazos satisfatórios.

Neste contexto, é necessário que as empresas estejam atualizadas e objetivando sempre a melhoria contínua em seus processos produtivos.

Para tanto este trabalho, realizado em uma indústria têxtil, descreve a busca de



melhoria do processo de sanforização de tecidos que apresentam elevado índice de reprocesso devido à reprovação por encolhimento de urdume.

Devido às constantes reprovações de tecidos por encolhimento de urdume foi necessária a realização de estudo, através do planejamento de experimentos, para se conhecer variáveis que interferem no resultado, levantar causas e planejar ações para resolução do problema.

## 2. Metodologia

Do ponto de vista da natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos sobre a influência de variáveis de processo no encolhimento de urdume de tecidos e, desta forma, relacionar ações para reduzir o índice de reprocesso.

Em relação aos objetivos trata-se de uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com as causas que provocam o reprocesso dos tecidos por encolhimento de urdume.

O problema é abordado de forma quantitativa já que os resultados são mensurados, possibilitando o estabelecimento de correlações e a realização de análises através do uso de ferramentas estatísticas que permitem melhor visualização do problema que provoca o reprocesso por encolhimento de urdume.

Esta pesquisa se trata de um estudo de caso, que realiza análises detalhadas de forma a proporcionar melhor entendimento do processo têxtil e possíveis causas que provocam o retrabalho por encolhimento de urdume.

O método utilizado para a realização da pesquisa foi o *design of experiments* (DOE) ou planejamento de experimentos. O DOE é uma metodologia eficiente que utiliza conceitos estatísticos que possibilitam caracterizar um processo, ou seja, definir a relação entre os parâmetros do processo (variáveis de entrada) e as saídas mensuráveis do processo (variáveis de saída) (WEESE, 1998 *apud* MAGALHÃES, 2010). As variáveis de entrada (x ou variáveis independentes ou variáveis fator) são aquelas que afetam o processo e são classificadas como controladas e não controladas. As variáveis de saída (y ou variáveis dependentes ou variáveis resposta) são aquelas influenciadas pelo processo. Estas são estudadas para se verificar a influência das variáveis independentes. As variáveis controladas são modificadas sistemática e simultaneamente, e os efeitos destas mudanças são medidos, modelados e mapeados (DOMENECH, 2001).

O experimento planejado consiste em um ou uma série de testes, onde se faz mudanças propositalmente nas variáveis de entrada de um processo a fim de observar e identificar mudanças correspondentes na resposta de saída (MONTGOMERY, 2004).

A aplicação do DOE, junto com o conhecimento científico disponível e aplicável, dá ao pesquisador uma compreensão sem paralelo do processo. Não há outro enfoque que produza o mesmo nível de compreensão da forma que um processo trabalha. Esta informação é produzida com o menor número possível de experiências e em um tempo curto (DOMENECH, 2001, p. 88).

Domenech (2001) lista os seguintes benefícios que são obtidos com o uso do DOE: melhorar o controle das variáveis do processo; diminuir o tempo de desenvolvimento de produtos; aumentar a produtividade; mapear as relações entre variáveis de controle e respostas; realizar ajustes de novos processos; maximizar a quantidade de informações por



ensaios; representar o processo estudado através de expressões matemáticas e desenvolver estudos prévios através de projetos piloto antes de iniciar a produção na planta.

Segundo Magalhães (2010), para realização de um experimento com resultados satisfatórios deve-se considerar três estratégias que podem ser adotadas de forma individual ou combinada, são elas: a réplica, aleatorização e blocagem.

Réplicas consistem na repetição de um mesmo teste várias vezes, em unidades experimentais diferentes, criando-se uma variação para a variável de resposta que pode ser utilizada para se avaliar a significância estatística do incremento experimental. Ao se aleatorizar um experimento, aumenta-se sua validade, porque aumenta a chance dos efeitos desconhecidos serem distribuídos através dos níveis e fatores. Quando não for possível manter a homogeneidade das condições experimentais, deve-se empregar a blocagem. Essa técnica permite avaliar se a falta de homogeneidade interfere nos resultados. Um bloco consiste de uma parte do experimento completo que se presume ser mais uniforme do que o todo (PAIVA, 2008 *apud* MAGALHÃES, 2010, p. 25).

Montgomery (2004) recomenda a utilização das seguintes etapas durante a realização de um DOE: reconhecimento do problema, escolha dos fatores e níveis, seleção das variáveis resposta, determinação do modelo de planejamento de experimento, realização do experimento, análise dos dados, conclusões e recomendações.

Assim, os dados para análise do problema foram coletados através da realização de experimentos que consistiram na variação dos valores de temperatura e velocidade de processamento do tecido na polimerizadeira, onde os níveis estabelecidos de temperatura foram de 130; 140 e 150°C e de velocidade de 25; 30 e 35 m/min. Em cada ordem de produção (OP) foi retirada uma amostra de tecido sanforizado de no mínimo 80 cm, que posteriormente foi encaminhada ao laboratório para ensaio de encolhimento.

O estudo objetivou comprovar ou não a hipótese de que a velocidade e a temperatura na polimerizadeira contribuem para a ocorrência de reprovação por encolhimento de urdume do tecido 435 FR. Neste sentido, o estudo foi feito por meio da realização de um planejamento de experimentos (DOE) que consistiu em variar os valores de temperatura e velocidade da polimerizadeira, com o objetivo de conhecer o efeito destas características de processo nos resultados da sanforização. Para se fazer o planejamento dos experimentos foi adotada a estratégia fatorial  $2^2$  considerando um ponto central para minimizar e eliminar erros aleatórios, como mostra o QUADRO 1.

Ordem	Ponto central	Blocos	Velocidade (m/min.)	Temperatura(°C)
1	0	1	30	140
2	1	1	35	150
3	1	1	35	150
4	1	1	25	130
5	1	1	25	130

QUADRO 1 – Planejamento dos experimentos

Para a execução do experimento foram utilizados 2500 m de tecidos. Durante o processo houve dificuldade em controlar a temperatura da máquina. Como a temperatura real da máquina não estava de acordo com a temperatura programada, foi necessário utilizar o termômetro portátil para conferir a temperatura real do tecido. Sendo assim decidiu-se utilizar os valores reais de temperatura para realizar o estudo DOE.

Após a realização do experimento na polimerizadeira, o tecido seguiu o fluxo de produção passando pelo *foulard* para ser neutralizado, lavadeira para ser lavado, rama para aplicação do banho de acabamento e por último pela sanforizadeira, para aplicação do encolhimento. Ao final do processo foram retiradas amostras para realização de ensaios de alteração dimensional.

“Entende-se por estabilidade dimensional, as dimensões de um determinado tecido que, uma vez atingidas, não serão modificadas, seja pelas operações de acabamento e lavagem que o tecido deverá sofrer, seja pelo próprio uso” (IFSC, 2011, p. 15).

A maioria dos tecidos é produzida por alguns métodos de entrelaçamento de fios, como a tecelagem ou malharia. A tecelagem constitui a etapa de produção na qual o processo técnico é realizado por teares que possibilitam o entrelaçamento de dois conjuntos de fios (trama e urdume), resultando em tecidos ditos planos (CHEREM, 2004). “Os fios no sentido do comprimento do tecido são conhecidos como fios de urdume, enquanto que os fios na direção da largura como fios de trama ou batida” (CHEREM, 2004, p. 50).

A formação do fio é realizada através da disposição em paralelo e torção das fibras, o que gera uma estrutura espacial que confere ao material uma memória física. “O fio durante o processo de formação do tecido é submetido a tensões que lhe provocam um estiramento; quando retiradas estas tensões tende a sofrer uma retratação em função da recuperação elástica de suas fibras” (CHEREM, 2004, p. 95). O uso diário da roupa também tensiona o tecido, o que modifica sua conformação interna. Porém ao ser lavada e seca, a roupa encolhe devido ao retorno à memória física original, ou seja, os fios se reposicionam novamente para atingir a conformação de equilíbrio (MENDES, 2009).

Segundo o IFSC (2011) as principais causas de alterações dimensionais, sobretudo o encolhimento de urdume nos tecidos, surgem dos diferentes processos de beneficiamento de tecido, devido a ações mecânicas, térmicas e químicas que, na maioria dos casos, se manifestam posteriormente através do encurtamento do tecido na direção longitudinal.

Araújo & Castro (1984) afirmam que os tecidos quando submetidos à lavagem têm tendência ao encolhimento. Este fato se deve, também, ao relaxamento das tensões introduzidas na fiação e principalmente na tecelagem.

Quando os tecidos são colocados em água ocorre um relaxamento das tensões e dos fios, isto porque o tecido tenta a procurar o seu ponto de equilíbrio, provocando sua mudança. No caso do encolhimento mecânico ou compressivo, os fios são aproximados mecanicamente, o que faz com que o tecido seja encolhido na direção do urdume na mesma proporção de quando fosse lavado (UEM, 2000). “Encolhimento compressivo é, portanto, um processo executado no sentido do urdume para controlar o encolhimento dos fios transversais” (UEM, 2000, p. 8).

“Para que o encolhimento do tecido seja mínimo após a confecção existem duas possibilidades, ou seja, aplicam-se produtos químicos que de certa forma fixam as dimensões ou se permite ou obriga o tecido a encolher na fase de acabamento” (ARAÚJO & CASTRO, 1984, p. 810). A FIGURA 1 faz referência a esta última técnica mencionada, onde o encolhimento se dá por compressão (método Sanfor). Nesta figura a região A-B indica a zona de sobrealimentação do tecido, enquanto que a região C-D indica a zona de compressão.

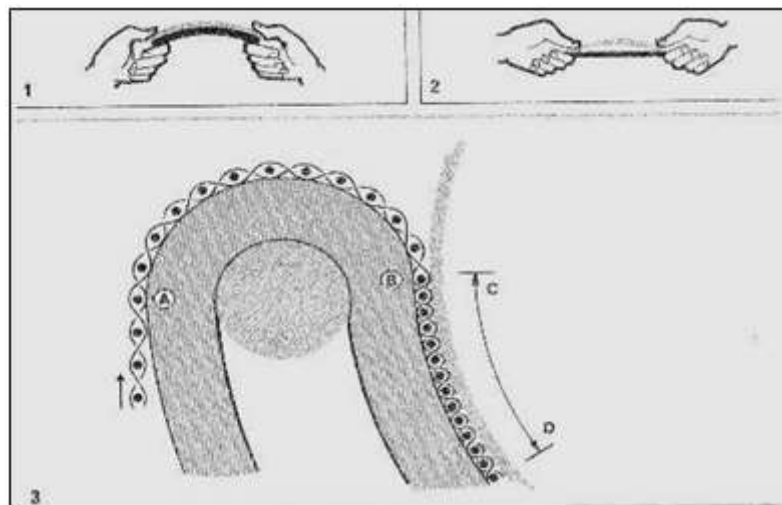


FIGURA 1 – Encolhimento por compressão. Fonte: Araújo & Castro (1984, p. 810).

As máquinas utilizadas para se fazer o pré-encolhimento do tecido são denominadas de sanforizadeiras. “O coração destas máquinas é uma manta de borracha que, graças ao seu arqueamento, obriga o tecido, previamente umidificado, a comprimir-se” (ARAÚJO & CASTRO, 1984, p. 810).

UEM (2000) afirma que existem quatro fatores ou condições importantes que possibilitam o pré-encolhimento mecânico de tecidos, sendo eles:

a) Umidade: é talvez a condição mais crítica dentre as demais, pois para se alcançar bons resultados ela deve ser uniforme em todo o tecido. A umidade ideal que deve ser aplicada depende do tipo de tecido e de seu acabamento.

b) Temperatura: representa um dos fatores importantes para determinar a vida útil da manta de borracha. Altas velocidades de produção requerem temperaturas mais elevadas para se conseguir um encolhimento adequado no tecido.

c) Pressão: se refere à compressão da manta de borracha que realizará a compactação do urdume do tecido para se obter o pré-encolhimento. A compressão dada à manta também é crítica na definição do tempo de vida útil da manta.

d) Duração da pressão: é a velocidade de trabalho da máquina. Cada tecido apresenta uma velocidade máxima relacionada a um nível de encolhimento residual específico.

A temperatura, a tensão, o tempo de contato do cilindro com o tecido, a velocidade do conjunto, a umidade, bem como a alimentação da manta de borracha são alguns fatores que influenciam o encolhimento e o alongamento do tecido (ARAÚJO & CASTRO, 1984).

“Quando um tecido pré-encolhido é lavado, o encolhimento obtido mecanicamente regride na mesma proporção do encolhimento natural com água e nenhuma alteração dimensional será constatada se o encolhimento compressivo tiver sido adequadamente controlado” (UEM, 2000, p. 9).

### 3. Diagnóstico da situação atual e caracterização do problema

Na última etapa do processo de beneficiamento do tecido, são realizados ensaios de controle da qualidade para fins de liberação do tecido. Nos casos de reprovação, os tecidos



são reprocessados. O histórico de reprocesso referente aos últimos doze meses de produção pode ser visualizado no GRÁFICO 1.

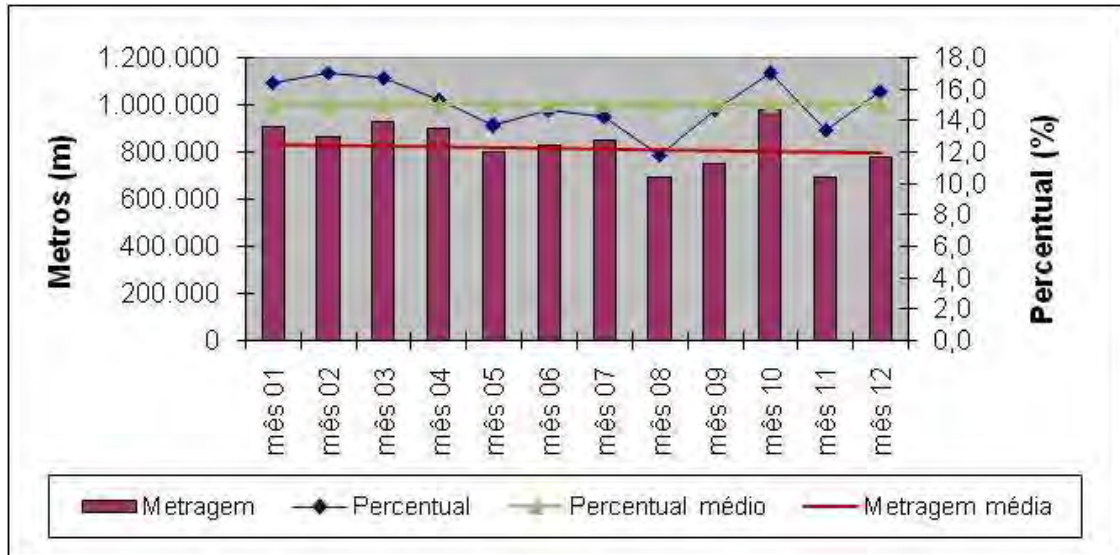


GRÁFICO 1 – Índice de reprocesso

Como se pode observar no GRÁFICO 1, a quantidade média de tecidos reprocessados por mês é de 830 mil metros, ou seja aproximadamente 15% do total produzido. Realizando levantamento dos principais motivos de reprovação de tecidos, foi possível constatar que o maior problema é o encolhimento de urdume, como mostra o GRÁFICO 2.

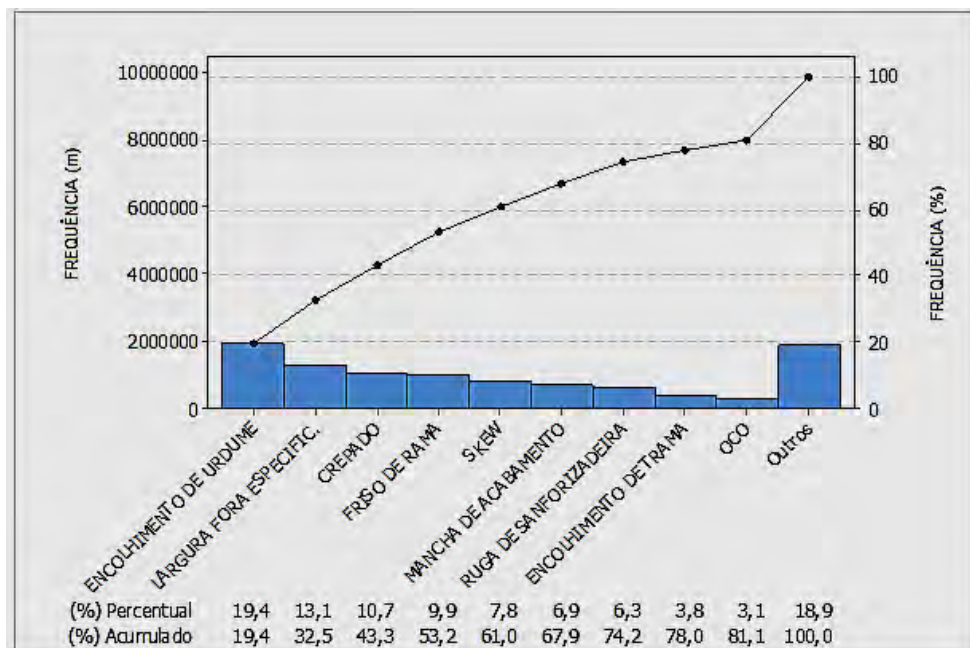


GRÁFICO 2 – Principais motivos de reprocesso.

Após se detectar que o principal motivo do reprocesso é devido à reprovação por encolhimento de urdume, fez-se estratificação dos dados e percebeu-se que o artigo 435 FR era o produto que possuía o maior índice de reprovação por aquele motivo. Neste sentido, foi elaborado histograma dos resultados do ensaio de encolhimento de urdume deste artigo,



conforme ilustrado no GRÁFICO 3. Neste gráfico percebe-se que o índice de desempenho potencial do processo ( $P_p$ ) e o índice de desempenho real do processo ( $P_{pk}$ ) estão menores do que 1 (um), indicando que o processo é incapaz. Então, é necessário melhorar o processo para reduzir a sua variabilidade e centralizar os seus resultados, tornando possível o atendimento das especificações dos clientes.

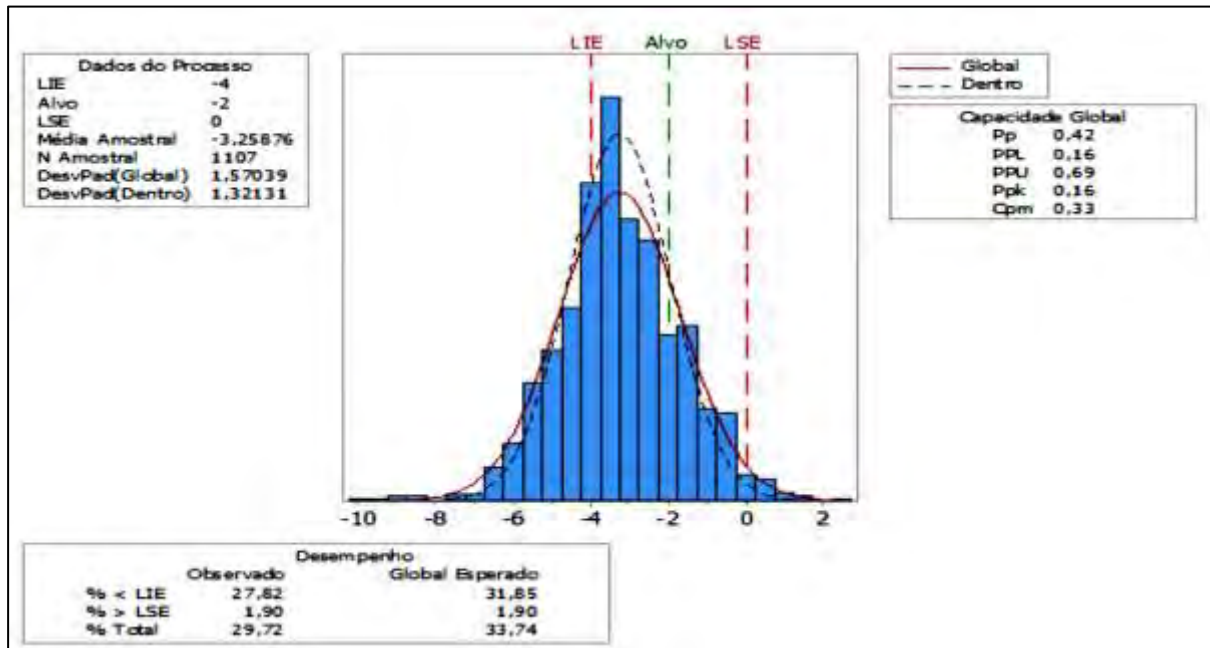


GRÁFICO 3 – Histograma dos resultados do ensaio de encolhimento de urdume do artigo 435 FR

Portanto, como o artigo 435 FR é o maior responsável pelo grande índice de reprocesso de tecido e apresenta resultados instáveis no tocante à alteração dimensional, além de possuir alto valor agregado e ser bastante demandado pelos clientes, o mesmo foi selecionado para o desenvolvimento deste trabalho.

Sabe-se que o processo de beneficiamento possui uma grande quantidade de variáveis que devem ser controladas para garantir a qualidade e atender os limites de especificação do produto. Como já citado anteriormente neste trabalho, a máquina que tem a função de aplicar o encolhimento de urdume no tecido é a sanforizadeira, porém na empresa pesquisada já foram realizados trabalhos para conhecer e controlar as variáveis desta máquina. Contudo acredita-se que o tecido já esteja chegando para ser sanforizado com características inadequadas, obtidas em algum processo anterior à sanforização.

Após discussão com técnicos do processo, levantou-se a hipótese de que o processo de polimerização pode estar influenciando na obtenção correta do encolhimento de urdume do tecido, possivelmente devido à alta temperatura e a velocidade do tecido dentro da máquina. Neste sentido, a proposta do trabalho é gerar ações de melhoria através da realização de experimentos para conhecer a influência de variáveis do processo de polimerização no encolhimento de urdume.

O objetivo principal deste trabalho é reduzir em 50% o índice de reprocesso no tecido 435 FR por encolhimento de urdume. Para alcance desse objetivo foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:



- a) Identificar as características críticas do processo de polimerização que podem interferir no encolhimento de urdume.
- b) Definir limites de especificação dos parâmetros de processo da polimerizadeira visando atingir melhores resultados.
- c) Definir/revisar os procedimentos operacionais da polimerizadeira.
- d) Implementar método de acompanhamento e controle de processo da polimerizadeira.
- e) Estruturar ações que garantam um processo robusto e capaz de atender as especificações e exigências do mercado.

#### 4. Resultados e discussão

Após a execução do DOE, e de posse dos resultados do ensaio de alteração dimensional, iniciou-se a análise do experimento.

Os ensaios realizados, contemplando os níveis dos fatores e indicando os resultados médios obtidos para as variáveis resposta podem ser visualizados no GRÁFICO 4, onde constata-se que o melhor resultado da variável encolhimento de urdume foi alcançado utilizando os parâmetros do ponto central, ou seja, velocidade igual a 30 m/min e temperatura igual a 140°C.

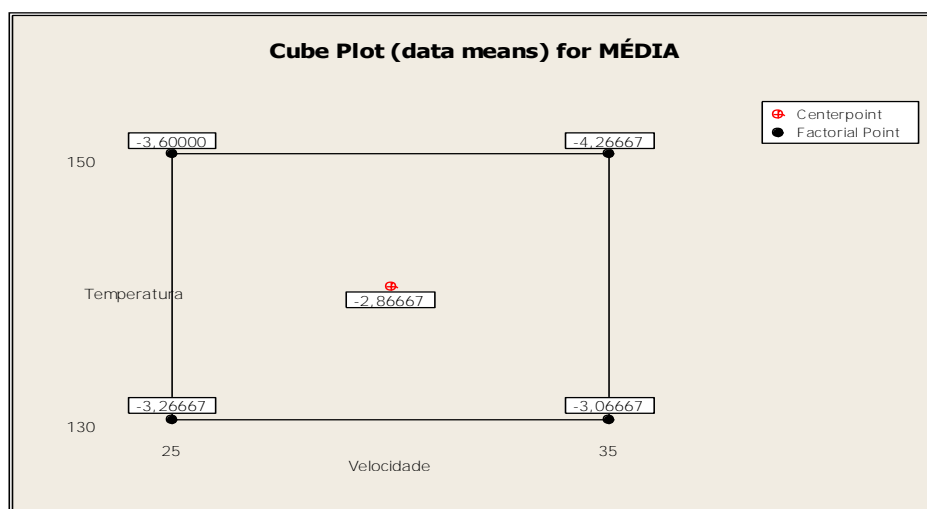


GRÁFICO 4 – Diagrama para as médias de encolhimento de urdume

Devido à importância relativa do efeito dos fatores e de suas interações com a variável resposta, bem como à presença de efeitos quadráticos, foi realizada a análise gráfica de efeitos principais, conforme mostram os GRÁFICOS 5 e 6.

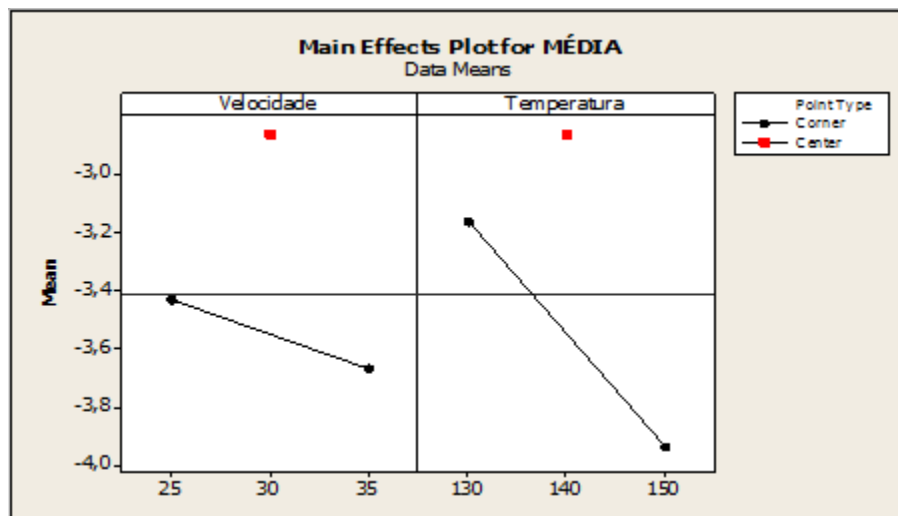


GRÁFICO 5 – Efeitos principais para a resposta encolhimento de urdume

O GRÁFICO 5 mostra que o processo apresentou efeitos quadráticos significativos, dado ao afastamento da média dos pontos centrais em relação às retas. Verificou-se também que o fator “temperatura” apresenta maior sensibilidade, uma vez que os valores de seus níveis – alto a baixo – apresenta maior diferença em relação à variável resposta “encolhimento de urdume”.

A análise dos efeitos das interações dos fatores na variável resposta, indicada no GRÁFICO 6, aponta que a interação entre temperatura e velocidade é relevante devido ao cruzamento das retas.

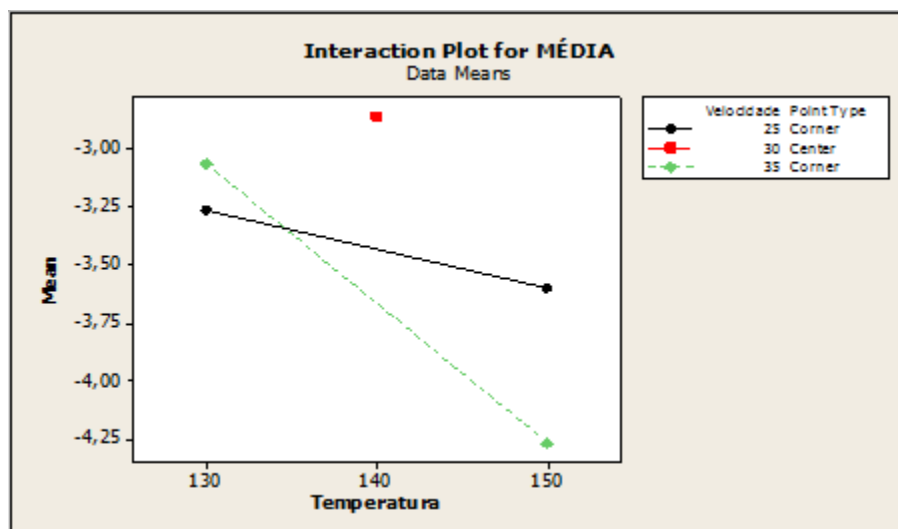


GRÁFICO 6 – Efeitos das interações para a variável resposta

A importância relativa dos termos da equação de regressão múltipla, que consiste na próxima etapa de ajuste do modelo, pode ser visualizada no GRÁFICO 7.



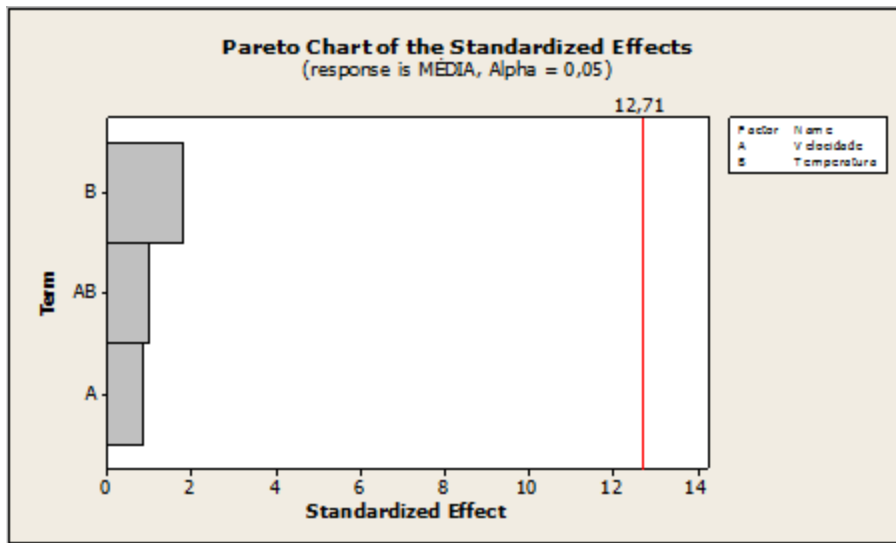


GRÁFICO 7 – Pareto dos efeitos para a resposta encolhimento de urdume

A linha de Lenth representa o menor valor do efeito padronizado para que o mesmo possa ser considerado significativo, dado que alfa é 0,05. O Gráfico 7 mostra que nenhum dos efeitos ultrapassou a linha de Lenth (valor de 12,71), o que indica que nenhum dos fatores (velocidade e temperatura) são significantes no tocante à alteração dimensional.

A significância dos efeitos principais dos fatores, das interações entre os fatores, dos blocos e da curvatura do modelo está apresentada no QUADRO 2 onde é possível identificar os termos do modelo que deveriam ser mantidos.

Factorial Fit: Média versus Velocidade; Temperatura						
Estimated Effects and Coefficients for MÉDIA (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		-2,676	0,4344	-6,16	0,102	
Velocidade	2,129	1,065	1,2308	0,86	0,546	
Temperatura	-0,995	-0,498	0,2737	-1,82	0,320	
Velocidade*Temperatura	-1,311	-0,655	0,6895	-0,95	0,516	
S = 0,446908 PRESS = 5,87390						
R-Sq = 83,41% R-Sq(pred) = 0,00% R-Sq(adj) = 33,62%						
Analysis of Variance for MÉDIA (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0,82345	0,8964	0,4482	2,24	0,427
Velocidade	1	0,05444	0,1494	0,1494	0,75	0,546
Temperatura	1	0,76901	0,6599	0,6599	3,30	0,320
2-Way Interactions	1	0,18038	0,1804	0,1804	0,90	0,516
Velocidade*Temperatura	1	0,18038	0,1804	0,1804	0,90	0,516
Residual Error	1	0,19973	0,1997	0,1997		
Curvature	1	0,19973	0,1997	0,1997		
Total	4	1,20356				
Estimated Coefficients for MÉDIA using data in uncoded units						
Term	Coef					
Constant	-57,1411					
Velocidade	2,04767					
Temperatura	0,343411					
Velocidade*Temperatura	-0,0131054					
NOTA: experimento tem alguns ensaios danificados e não é ortogonal						

QUADRO 2 – Resultado da análise de regressão

Levando em consideração que os termos não significantes (aqueles com efeito quadrático  $P$  maior que 0,05) devem ser eliminados do modelo, conclui-se que os fatores temperatura e velocidade não são significantes para os resultados de encolhimento de urdume, pois analisando o QUADRO 2, evidencia-se que todos os valores estão acima de 0,05.

Em contra partida percebe-se neste mesmo quadro notas que indicam que os resultados podem estar relacionados a alguma anomalia no experimento que pode estar relacionada à: dificuldade em se manter a temperatura real da máquina conforme programada no controlador, pequena quantidade de amostra de tecido e insuficiência do intervalo dos níveis dos fatores para influenciar no resultado da variável resposta.

A análise residual demonstrada no GRÁFICO 8 é útil para avaliar a adequação do modelo. Nos modelos estatísticos, os resíduos dizem respeito à parcela não explicada da variação total, onde os modelos ajustados consistem da verificação das premissas ou suposições estabelecidas na fase de planejamento do experimento que consideraram os erros como variáveis aleatórias e independentes, com variâncias homogêneas e normalmente distribuídas.

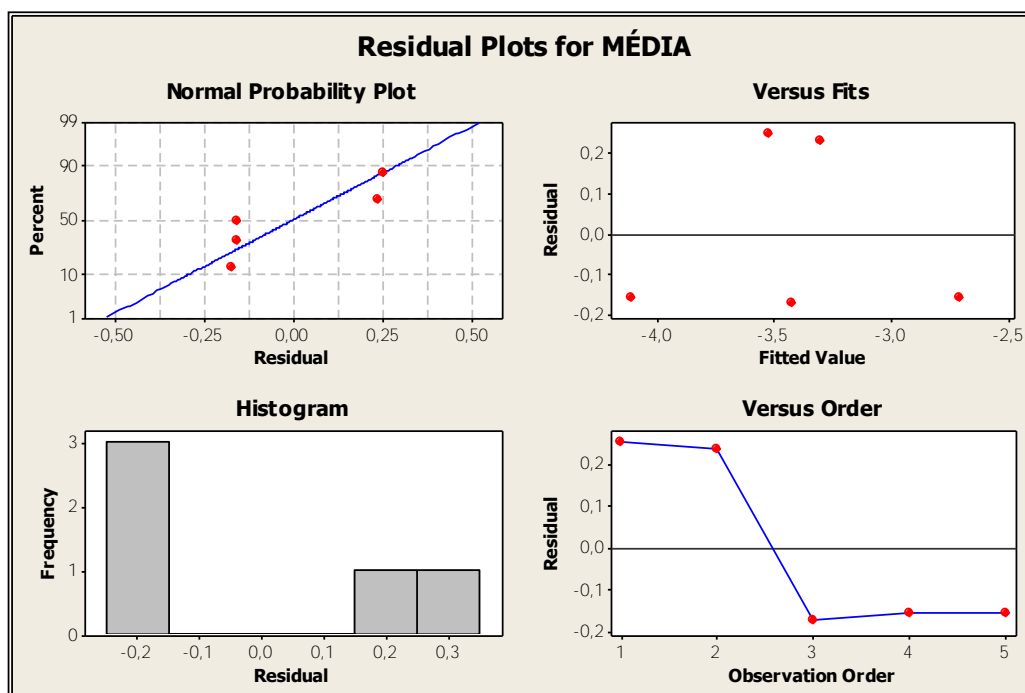


GRÁFICO 8 – Diagnóstico residual para o modelo de encolhimento de urdume

O gráfico normal e o histograma permitem avaliar se os erros do modelo apresentam distribuição normal. Como neste experimento as amostras foram reduzidas, é difícil realizar um estudo muito apurado com estes gráficos, onde no gráfico normal os pontos deveriam estar em cima de uma reta com inclinação de  $45^\circ$ , enquanto o histograma deveria apresentar um formato simétrico e unimodal, o que não aconteceu.

Estas observações, visualizadas no GRÁFICO 8, demonstram algumas tendências fora do esperado, ou seja, causas especiais, que podem indicar falta de algum termo no modelo ou ainda que este modelo não representa bem o processo estudado.

Neste sentido, é proposto que o estudo tenha prosseguimento. É necessário verificar



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaipava

alternativas junto ao setor de manutenção mecânica e elétrica que tornem possível manter e controlar a temperatura da polimerizadeira. Devem ser realizados mais testes para melhor avaliação considerando novos níveis para os fatores velocidade e temperatura.

## 5. Conclusão

O correto diagnóstico e análise da situação problema é importante para identificação de suas causas e definição de soluções eficazes para a garantia da qualidade e satisfação dos clientes.

A aplicação da metodologia DOE para identificar as características críticas do processo que afetam a qualidade dos produtos permite a descoberta de soluções e até mesmo novos métodos a serem utilizados. A utilização de ferramentas de análise estatística possibilita a obtenção de resultados precisos e de grande valia no processo de tomada de decisões.

A realização deste trabalho proporcionou a obtenção de conhecimentos sobre o processo de manufatura do tecido RC. Além disso mostrou a importância de se ter um processo robusto, com baixo índice de reprocesso, destacando o aprimoramento contínuo como fator primordial para a competitividade e garantia da permanência da empresa no mercado.

A hipótese de que a temperatura e a velocidade do processo de polimerização influenciam diretamente na aplicação do encolhimento de urdume na sanforizadeira foi rejeitada para os níveis propostos neste trabalho. No entanto, devem ser implementadas ações que possibilitem o controle e a manutenção da estabilidade da temperatura da polimerizadeira. Sugere-se a realização de novos experimentos utilizando-se novos ranges para os níveis dos fatores velocidade e temperatura.

## Referências

- ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. *Manual de Engenharia Têxtil*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1984. p. 801-810.
- CHEREM, L. F. C. *Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha em algodão*. 2004. Dissertação (Tese de Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.
- DOMENECH, C. *Estratégia 6  $\sigma$ : otimização de processos através do planejamento experimental (DOE)*. M.I. Domenech Consultores. [s.l.]: Versão 3, 2001.
- IFSC – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. *Controle de qualidade*. 2011. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/62618426/Apostila-Controle-de-Qualidade-20>> Acesso em: 30 outubro 2013.
- MAGALHÃES, P. I. G. *A validação de processos como garantia de conformidade dos produtos na indústria de dispositivos médicos*. 2010. 82 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- MENDES, L. G. T. *Porque roupas de algodão encolhem*. CETIQT, 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2009/263/por-que-algumas-roupas-de-algodao-encolhem>>. Acesso em: 30 outubro 2013.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- UEM – Universidade Estadual de Maringá, Campus Regional de Goioerê. *Análise dimensional do tecido*. 2000. Disponível em: <[http://www.geocities.ws/lcrespim/trabalhos/Alterac\\_dimensional.PDF](http://www.geocities.ws/lcrespim/trabalhos/Alterac_dimensional.PDF)> Acesso em: 20 janeiro 2014.

## **Análise do impacto do planejamento na construção de um aquecedor solar térmico de ar**

**Luiza Duarte Pereira**<sup>1</sup>

**Jennifer Oliveira Silva Ferreira**<sup>2</sup>

**Ana Luiza Gonçalves**<sup>3</sup>

**Dalmy Freitas de Carvalho Júnior**<sup>4</sup>

**Resumo:** O planejamento representa uma estratégia decisiva para o sucesso de qualquer tipo de projeto ou processo. Sendo assim, este trabalho desenvolve e aprimora o planejamento de um projeto da construção de um aquecedor solar térmico de ar, que se utiliza do princípio físico da convecção do ar. Por meio da observação do processo de construção do aquecedor e de coleta de dados foi possível constatar a existência de diversas falhas no processo de construção. Para gerir e controlar o problema de falta de planejamento utilizou-se o método baseado nos princípios da Engenharia do Produto, especificamente no seguimento de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). Este método é dividido em etapas, sendo elas a macrofase de pré-desenvolvimento, a macrofase de desenvolvimento e a macrofase de pós-desenvolvimento. Comparou-se o projeto sem planejamento com o novo projeto baseado na metodologia proposta e verificou-se que as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) foram de extrema importância para a otimização do trabalho realizado, economizando recursos financeiros, tempo, mão-de-obra e diminuindo o risco de acidentes.

**Palavras-chave:** Processo de Desenvolvimento de Produtos. Planejamento. Projeto. Aquecedor Solar Térmico de Ar.

<sup>1.</sup> Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, analu\_1022@hotmail.com

<sup>2.</sup> Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, jenniferoliveira\_bh@yahoo.com.br

<sup>3.</sup> Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, duarteluiza13@gmail.com

<sup>4.</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de Itaúna, dalmyjr@gmail.com

### **1. Introdução**

O mundo atual se depara com a necessidade de dar respostas e encontrar soluções para problemas que, embora vislumbrados no passado, têm se tornado, nos últimos anos, objeto de preocupação crescente da humanidade.

Uma das questões que se apresenta com grande importância atualmente é a do problema energético, que consiste na crescente utilização dos recursos energéticos disponíveis no planeta Terra, em especial os recursos não renováveis, sujeitos à escassez. Sem um devido enfretamento dessa questão, graves consequências sociais, econômicas, políticas e ambientais ameaçam a humanidade e o planeta nas próximas décadas.

O Sol tem papel fundamental na vida dos seres humanos. Além de luz e calor, ele fornece quinze mil vezes mais energia do que a consumida por toda a população mundial, sem contar que esta é armazenada de maneira natural na superfície terrestre, nas águas e na vegetação. O aproveitamento desse recurso natural é de grande valia no conteúdo deste trabalho.

Grande parte da extensão territorial do Brasil se encontra entre o trópico de Capricórnio e o Equador, o que favorece a utilização de aquecedores solares. No Brasil, os primeiros aquecedores surgiram nos anos 70, impulsionados pela crise do petróleo, passando a ter cada vez mais importância no contexto dos países e organizações. Na década de 90 houve um crescente profissionalismo, ocasionado por um mercado cada vez mais exigente e devido ao surgimento das primeiras normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) específicas para o setor. Em resposta a isso, diversas iniciativas sustentáveis estão em curso atualmente, em nível de governo, sociedade, empresas e organizações.

É nítida e preocupante a dependência da sociedade atual com relação aos combustíveis fósseis e à energia elétrica; no caso do Brasil, tal dependência tem preocupado a sociedade de forma ainda mais intensa desde a ocorrência do apagão de 2001, quando foi constatada a necessidade de fortes investimentos no setor energético para suprir a crescente demanda, principalmente na região Sudeste do Brasil, seja ampliando a utilização de energia proveniente do sistema hidrelétrico ou através de investimentos em fontes alternativas de energia. A crescente discussão sobre a influência negativa que a atividade humana provoca no ambiente, associada à constatação de que fontes de energia renováveis tendem a ser muito menos agressivas ao meio-ambiente, são as principais razões que motivam o desenvolvimento da construção do Aquecedor Solar Térmico de Ar.

Mesmo com o atual sucesso dos aquecedores solares, ainda são detectados vários erros de processo. Embora a reunião de boas práticas tenha gerado um processo contínuo de aprendizado e que projetar, instalar e usar um aquecedor solar térmico de ar seja uma tarefa relativamente simples, é exigida atenção a certos fatores que garantem a sua confiabilidade e desempenho. Escolher um sistema de aquecimento adequado ao clima local e instalá-lo corretamente, utilizando componentes de qualidade e protótipos, resultará no aproveitamento de energia renovável e gratuita do sol por muito tempo, tornando-o um grande investimento.

Deve-se entender que para todas as atividades de realização de um produto é necessário um processo e deve haver um planejamento das atividades de gestão de qualidade, verificando durante o processo de desenvolvimento se os resultados gerados pela atividade da elaboração do produto estão de acordo com o planejado, se os requisitos de clientes e outras partes interessadas estão sendo contemplados e se existem problemas que necessitam ser resolvidos.

A qualidade é um conceito que se altera ao longo do tempo. Para Main (1994), a diferença entre a antiga e a nova qualidade é que a antiga é produto de um artesão e a nova, de um sistema. Dentro do planejamento e desenvolvimento de um produto é necessário que se faça um projeto buscando maior qualidade e melhorias tecnológicas em tempo adequado, procurando melhorar sempre seus processos, produzindo produtos superiores e ganhando vantagem competitiva. É importante que este processo seja planejado, controlado e coordenado para o alcance dos objetivos de maneira eficiente, buscando atender às necessidades e expectativas do cliente.



O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) apresenta diversas características que o diferenciam de outros processos, tais como: elevado grau de incerteza e riscos das atividades e resultados; dificuldade de mudar as decisões iniciais; as atividades básicas seguem um ciclo iterativo; manipulação e geração de alto volume de informações; multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, dentre outros (ROZENFELD et al., 2006).

Além da complexidade técnica e da característica iterativa das atividades do desenvolvimento de novos produtos, é necessário gerenciar as interações entre várias disciplinas de engenharia, que podem estar alocadas em diferentes localidades, envolvendo uma centena de engenheiros e um grande número de subprojetos (CHEN, LING, CHEN, 2003; SÖDERLUND, 2002). A necessidade de se atingir tanto os prazos finais, como a integração dessas várias áreas de conhecimento, vem ao encontro dos objetivos do gerenciamento de projetos (SÖDERLUND, 2002). Segundo Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK® - Project Management Body of Knowledge) (PMI, 2004), o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para desenvolver atividades que visam atingir aos requisitos do projeto.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe analisar e realizar o gerenciamento das atividades de desenvolvimento da construção do aquecedor solar térmico de ar, utilizando as práticas de gerenciamento do PDP. Em outras palavras, o objetivo é entender como essa metodologia se aplica ao desenvolvimento do produto e como é importante a prática do mesmo para aperfeiçoar e aprimorar novos produtos no caso o aquecedor solar térmico de ar.

Este artigo descreve uma abordagem teórica, citando, as metodologias de desenvolvimento de produto e as principais ferramentas utilizadas, tanto no desenvolvimento como no gerenciamento do projeto. Em seguida, são apresentadas as ações de melhoria, cuja finalidade é a redução de improvisações no projeto de construção do aquecedor solar térmico de ar. São definidos os pontos críticos do desenvolvimento da construção do aquecedor solar térmico de ar, determinando-se pontos de melhoria para que o objetivo seja concebido. Finalmente são apresentados os resultados e a conclusão projeto.

## **2. Metodologia**

É oportuno ressaltar a importância de uma metodologia bem definida para a realização de estudos acadêmicos e a execução de projetos de maneira bem-sucedida. A metodologia examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações. Ela aparece como princípio básico para o sucesso no gerenciamento dos projetos de uma organização e é compreendida como a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para a construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade, permitindo, assim, uma tomada de decisões de maneira mais assertiva e eficiente.

A construção do produto aquecedor solar térmico de ar foi inicialmente realizada sem a utilização de uma metodologia de desenvolvimento. A falta da mesma levou a uma série de problemas e falhas, visualizados por meio da observação do processo de construção e também por coleta de dados.

Sendo assim, a sessão vigente apresenta a descrição da metodologia científica escolhida, mostrando as definições e justificativas da escolha e do método de pesquisa. Contém a natureza, objetivos e procedimento da pesquisa, além da fonte, abrangência e forma de amostragem, análise e interpretação dos dados, bem como a citação do período e do local em que o estudo do impacto do planejamento na construção de um aquecedor solar térmico de ar foi executado (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa foi realizada no município de Itaúna, especificamente no Laboratório de Física da Universidade de Itaúna, no período de setembro de 2016 a junho de 2017. Segundo o Instituto de Física Gleb Wataghin (2015), do ponto de vista da natureza, a pesquisa será classificada como sendo aplicada, uma vez que a mesma se utiliza de conhecimentos obtidos através de pesquisas básicas para solucionar ações concretas e problemas existentes. Esse tipo de pesquisa objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática e solução do problema, relacionado à ausência de uma metodologia bem definida para a construção e otimização de um aquecedor solar térmico de ar.

Quanto à forma de abordagem, é definido como qualitativo, uma vez que o projeto está relacionado à compreensão e interpretação de determinados comportamentos. É uma pesquisa exploratória, uma vez que, a princípio, não teve o intuito de obter números como resultados, mas sim insights, que indicam o caminho para tomada de decisões corretas em relação à questão-problema, já que a primeira tentativa de construção do aquecedor não obteve sucesso devido à ausência de uma metodologia de construção (LOPES, 1991).

Para atingir os objetivos apresentados é necessária uma aproximação entre o tema pesquisado e o pesquisador, levando em conta a busca da solução de um problema definido através da elaboração de hipóteses. Define-se a pesquisa como exploratória, dado que será realizada através de um procedimento de estudo de caso voltado para a área da Engenharia do Produto.

Ao se definir que a necessidade de melhoria no processo de construção do aquecedor através de uma metodologia bem definida é real, tornou-se necessário um estudo, que ajudou no detalhamento do problema, para posterior encontro de soluções apropriadas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Por meio da observação do processo de construção do projeto, a princípio sem a utilização de uma metodologia de construção, foi realizado o recolhimento de dados e, a partir da análise dos mesmos, utilizou-se, para gerir e controlar o problema de falta de planejamento, o método baseado nos princípios da Engenharia do Produto, especificamente no seguimento de PDP.

Neste contexto, construiu-se um novo aquecedor e comparou-se o projeto sem planejamento com o novo projeto baseado na metodologia proposta, verificando-se que as etapas da metodologia proposta são de extrema importância para a otimização do trabalho realizado.

### **3. Resultados**

Após seguir todos os passos e estar com o equipamento devidamente instalado, foi necessário realizar um teste do funcionamento do sistema em operação. O teste consistiu em alocar todo o sistema num ambiente externo, que tivesse contato direto com a luz solar e



verificar a existência de vazamento de ar aquecido em algum ponto da interligação da caixa do aquecedor solar com o vidro instalado na parte superior ou na distribuição de ar quente através da mangueira sanfonada.

Realizou-se também, a medição da temperatura com um termômetro, após seguir todas as etapas de planejamento de processo e montagem e, verificou-se se a capacidade de aquecimento foi atingida ou estava dentro dos limites especificados no projeto.

Sendo assim, foi realizada a medição das temperaturas de entrada e saída do aquecedor solar térmico de ar, a fim de comprovar, de forma efetiva, a capacidade térmica do aquecedor. A coleta dos dados foi realizada no horário de 14h30min a 15h00min, em Divinópolis-Mg. E, para comprovação do funcionamento, o aquecedor foi exposto à luz solar minutos antes da medição, ou seja, o aquecedor tinha temperatura interna similar à da temperatura ambiente. Após cinco minutos de exposição solar, no horário de 14h30min56seg, foi ligado o motor do aquecedor para captar dados da medição, conforme GRÁFICO 1.

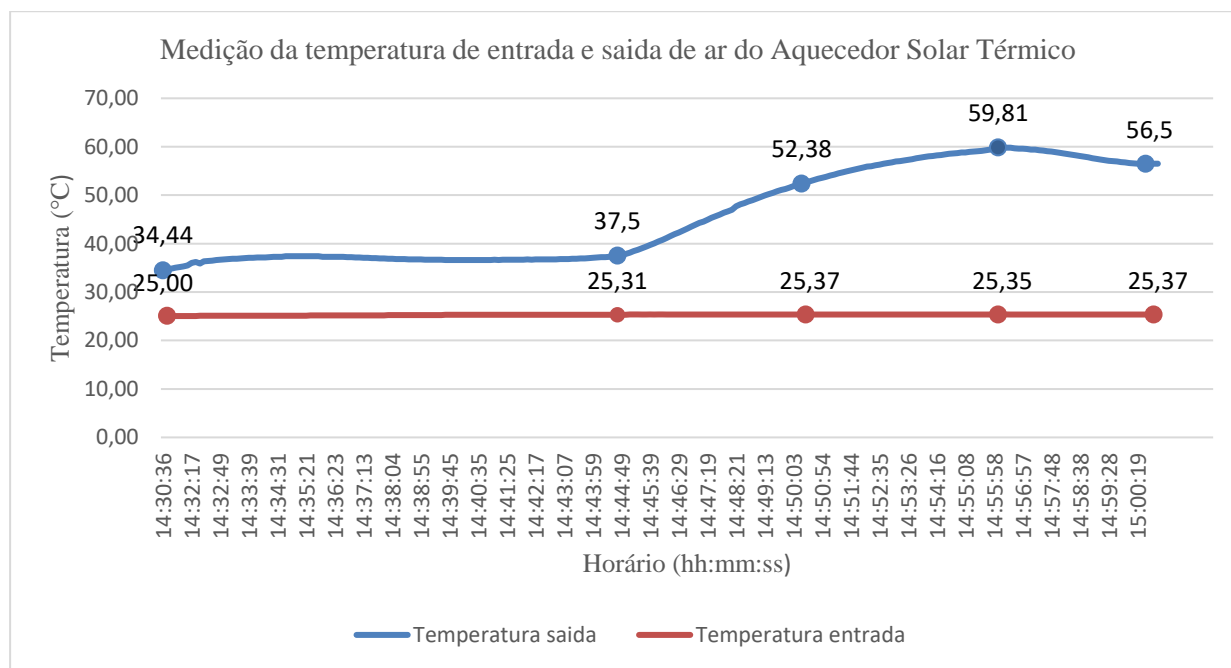


Gráfico 1 - Medição da temperatura de entrada e saída de ar do Aquecedor Solar Térmico de Ar.  
Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

Foi constatado uma máxima temperatura de saída de ar no aquecedor de 59,81°C, no horário de 14h56min. Após atingir essa temperatura que se manteve constante durante aproximadamente um minuto, a equipe de desenvolvimento desligou o motor para verificar o quanto ainda se manteria em alta temperatura, justificando o declínio no gráfico.

A partir dos resultados foi feito o GRÁFICO 2, onde mostra a diferença de temperatura de entrada e saída durante a medição. Os resultados comprovam um ganho máximo de 34,46°C de temperatura solar, durante aproximadamente 30 minutos de monitoramento. A diferença de temperatura de 9,44°C ocorreu devido ao tempo recente a qual foi ligado o motor. A temperatura aumenta consideravelmente a partir do instante em que o aquecedor consegue atingir a diferença de temperatura de 12,19°C aos 14 minutos após ligar o





motor. Obteve o máximo de ganho de temperatura na marcação de  $34,46^{\circ}\text{C}$ , 25 minutos após funcionamento do motor. Esse valor se manteve constante durante aproximadamente 2 minutos. Nesse instante a temperatura de ambiente media  $25,35^{\circ}\text{C}$ . Como dito, pra verificar o quanto a alta temperatura poderia se manter com o não funcionamento do motor, a equipe de desenvolvimento optou por realizar o desligamento, justificando a temperatura de  $31,13^{\circ}\text{C}$ .

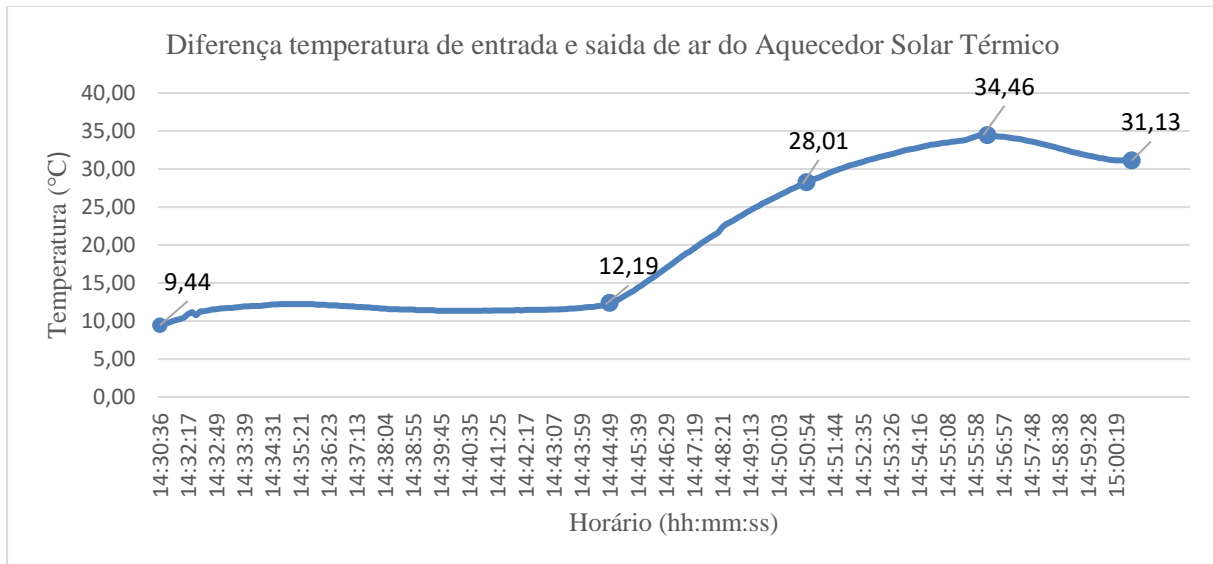


Gráfico 2- Diferença de temperatura de entrada e saída de ar do aquecedor solar térmico  
Fonte: Elaborado pelas autoras (2017).

#### 4. Discussão

Para melhor entendimento, foram instalados dois sensores para medir a temperatura de entrada e saída de ar do aquecedor solar, onde o sensor um (1), corresponde ao sensor que foi instalado na parte inferior do aquecedor solar que mediu a temperatura externa de entrada de ar no aquecedor solar. E o sensor dois (2), instalado na parte interna da mangueira sanfonada, para monitoramento da temperatura de saída do ar localizado de dentro do aquecedor solar térmico de ar.

O estudo dos dois gráficos é o suficiente pra comprovar uma tendência de funcionamento do aquecedor solar térmico de ar. Sendo que, o mesmo deve ser submetido a mais testes de durabilidade e de confiabilidade a nível qualitativo e quantitativo. Justificando os meios desse projeto para desenvolver um produto, aplicando a nova metodologia e demonstrando a otimização do mesmo.

#### 5. Conclusão

O presente artigo possibilitou uma comparação do desenvolvimento de um aquecedor solar térmico de ar sem uma metodologia bem definida, que não obteve sucesso, com o desenvolvimento do mesmo após aplicação do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). De um modo geral, a utilização de um modelo de referência garantiu a construção e funcionamento de um produto mais eficiente e fiel ao plano proposto. Verificou-se que as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) foram de extrema importância para a otimização do trabalho realizado e proporcionou a economia de recursos financeiros, tempo, mão-de-obra e diminuição de riscos envolvidos no projeto.



A proposta foi seguir, parcialmente – devido à complexidade do projeto -, o passo a passo da metodologia proposta, para construir um Aquecedor Solar Térmico de Ar. O desenvolvimento iniciou-se com a Macrofase de Pré-Desenvolvimento, onde foi definida a parte estratégica do projeto, tendo como resultado a Declaração do Escopo do Produto. Em seguida desenvolveu-se a Macrofase de Desenvolvimento, que foi a mais explorada e gerou informações cruciais para a construção do Aquecedor Solar, principalmente na fase do projeto detalhado. E para finalizar, foi apresentado o Pós-Desenvolvimento, que trouxe os resultados e comprovação da teoria apresentada.

O produto desenvolvido funciona através da absorção da radiação solar e transferência de calor através de cilindros de alumínio. O ar à temperatura ambiente é aquecido e lançado no interior de um determinado ambiente. Utilizou-se latas de cerveja, mangueira sanfonada, compensado, tinta fosca preta e vidro para construir o aquecedor solar térmico de ar. A luz solar aquece as latas e com isso se inicia o processo de condução e convecção de calor destas para o ar que flui forçado levemente por uma pequena ventoinha de computador na parte superior do aquecedor.

A eficiência do aquecedor solar térmico de ar possibilita a recuperação de todos os investimentos gastos na sua construção uma vez que consome pouca energia elétrica e é considerado um produto sustentável. Tornando o mesmo um produto viável ambiental e economicamente.

A princípio, o objetivo do trabalho foi comprovar o funcionamento do produto. Foi utilizado um termômetro para medir as temperaturas de entrada e saída do ar e obteve-se uma variação de 34,46°C em um intervalo de tempo de 30 minutos. Ou seja, o resultado obtido foi satisfatório.

Através do sucesso na teoria apresentada, surgiu-se a ideia de um futuro aprimoramento do aquecedor solar térmico de ar, usando teorias mais completas e buscando aperfeiçoar os resultados. E, por fim, utilizar soluções sustentáveis e econômicas para o desenvolvimento do projeto, no intuito de promover um ambiente confortável, climatizado e utilizando fontes de energia renovável.

As atividades exercidas durante o período de desenvolvimento proporcionaram as autoras um grande aprendizado na área de engenharia do produto, pois possibilitou a oportunidade de interação do conhecimento acadêmico adquirido, com a parte prática, e assim contribuir para a formação de um melhor profissional. Os orientadores foram de extrema importância no desenvolvimento do trabalho, no direcionamento dos estudos e aceitação de ideias, motivando e contribuindo com a busca e alcance de melhores resultados.

## Referências

- CHEN, C. H.; LING, S. F.; CHEN, W. Project scheduling for collaborative product development using DSM. *International Journal of Project Management*, v.21, p. 291-299, 2003.
- IFGW. Pesquisas Básicas e aplicadas. *Instituto de Física GLEB WATAGHIN*. 2015. Disponível em: <http://www.abntouvancouver.com.br/2015/05/o-que-e-pesquisa-basica-ou-aplicada.html> Acesso em 30 set 2016.
- LOPES, Oswaldo Ubríaco. Pesquisa básica versus pesquisa aplicada. *Estud. av. [online]*. 1991, vol.5, n.13, pp. 219-221. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v5n13/v5n13a15.pdf>; acesso em 30 set 2016.
- MAIN, J. Guerras pela qualidade: os sucessos e fracassos da revolução da qualidade. Rio de Janeiro: *Campus*, 1994.



PMI. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, *PMBOK Guide*, 2004.

PMBOK – Project Management Body of Knowledge. *Project Management Institute*, 2004. Disponível em: <http://www.pmi.org/> Acesso em 05 de outubro de 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Método Científico: Métodos de abordagem - base lógica da investigação. *Metodologia do Trabalho Científico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale*, 2013. Cap. 2. p. 13-39.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. D.; SILVA, S. L. D.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. *Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: *Saraiva*, 2006

SÖDERLUND, J. Managing complex development projects: arenas, knowledge processes and time. *R&D Management*, v.32, p.419-430, 2002



## Recuperação de Padrões na Valoração Textual de Redações

Eugênio Cunha<sup>1</sup>

Marco Túlio Alves Nolasco Rodrigues<sup>1</sup>

**Resumo:** Nos dias atuais, há uma quantidade intensa de redações sendo produzida e avaliada em vestibulares, concursos e exames. Diferentemente dos métodos existentes, que processam e avaliam as redações de maneira manual, este trabalho aborda uma forma automática, por meio de aprendizagem de máquina, capaz de generalizar, aprender e extrair padrões das classes de redações com base no conteúdo rotulado. O método precisa de pouca intervenção humana e permite a valoração de grandes quantidades de textos. Este trabalho fundamenta-se no problema de avaliação manual das competências exigidas em um texto de redação do tipo dissertativo-argumentativo com temas diversificados de ordem social, científica, cultural ou política. Dado um “corpus” de redações o objetivo principal é induzir um modelo a classificar automaticamente uma competência exigida em um texto de redação. Embasado nas principais métricas de análise dos classificadores citados na literatura de aprendizado de máquina, a solução proposta neste trabalho demonstrou ser útil e propícia a ser utilizada em problemas que envolva a valoração automática de texto.

**Palavras-chave:** Aprendizado de Máquina. classificação de textos. ENEM.

1. Ciência da Computação, Bacharelado, UIT, genio.py@gmail.com

2. Ciência da Computação, Doutorado, UIT, tulio.rodrigues@gmail.com

### 1. Introdução

O desenvolvimento de uma redação é uma atividade prática presente na cultura civilizada desde a invenção da escrita. Lara (1994) explica em seu trabalho que na década de 70 iniciou-se processo de redemocratização que conseqüentemente restituiu a palavra ao estudante. O decreto 79.298, de 24 de fevereiro de 1977 definiu a volta da redação à escola pela “inclusão obrigatória da prova ou questão de redação em língua portuguesa” nos concursos e vestibulares (Art. 1º, alínea d). A redação é aplicada no ENEM desde a primeira edição 1998, hoje o maior exame do Brasil, que no ano de 2016 contou com 8.627.195 escritos confirmados, e a participação direta de 11.360 profissionais externos na correção de 5.825.134 redações. Com o advento do ENEM ser um requisito para o processo seletivo de acesso às inúmeras universidades públicas (SISU, 2017) e a importantes programas de governo (CSF, 2017), este número tem aumentado incessantemente. Segundo o edital INEP (2016), cada redação foi avaliada por, pelo menos, dois avaliadores, de forma independente, uma estimativa mínima de 11.650.268 avaliações manuais das competências exigidas num texto pelo ENEM. Devido à grande quantidade de redações produzidas, torna-se humanamente difícil e caro organizar e avaliar as competências de uma redação manualmente.



## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

Com o processamento computacional mais barato e poderoso, a crescente variedade e volume de dados disponíveis, e o armazenamento de forma acessível, o Aprendizado de Máquina está no centro de muitos avanços tecnológicos, alcançando as áreas antes exclusivas de seres humanos. Os carros autônomos do Google são o exemplo de uma atividade antes exclusivamente humana e hoje exercida e aperfeiçoada por algoritmos de Aprendizado de Máquina (WAYMO, 2017). O Aprendizado de Máquina está presente na nossa vida cotidiana como, resultados de pesquisa *web*, análise de sentimento baseado em texto e na detecção de fraudes em operações com cartões de crédito entre outras aplicações (BATISTA et al., 1999).

A avaliação de redações automática pode ser realizada utilizando sistemas especialistas ou algoritmos de Aprendizado de Máquina. A primeira hipótese dependente essencialmente da presença de especialistas que detêm o conhecimento sobre o domínio do problema para desenvolver um conjunto de regras. O sistema especialista deve ser capaz de tomar suas decisões, ou seja, as regras são disparadas para atingir determinada decisão (NEGNEVITSKY, 2005). Entretanto, regras desenvolvidas manualmente tem um processo de manutenção e atualização complexo, o que torna mais difícil a sua utilização em diferentes domínios do problema proposto. O uso de algoritmos de Aprendizado de Máquina para valoração de redações é uma alternativa ao sistema especialista, exige menor esforço humano com a abstração simples de extrair padrões ou características, aprender e generalizar. Dados os benefícios, a hipótese deste artigo é que um algoritmo de Aprendizado de Máquina pode ser útil e propício a ser utilizada em problemas que envolva a valoração de texto manual por profissionais capacitados.

Além disso, para avaliar e validar a hipótese, o método de construção do conhecimento deste trabalho terá como fundamento o problema de recuperação de padrões na valoração textual. Dado um *corpus* de redações o objetivo principal é induzir um modelo a classificar as competências exigidas compondo uma nota avaliativa sobre a redação. O presente estudo com base na proposta do problema descrito contribuirá na área do Aprendizado de Máquina e diretamente no processo de valoração de um texto em prosa do tipo dissertativo-argumentativo.

## 2. Trabalhos Relacionados

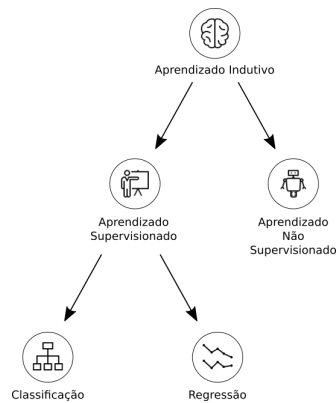
Segundo Silva e Carvalho (2017), a prova de redação do ENEM é avaliada considerando uma matriz de referência do INEP (2016). Essa matriz, foi desenvolvida com a colaboração de especialistas, com o objetivo de operacionalizar o exame. A matriz apresenta cinco competências, para cada competência expressa para redação existem níveis de conhecimento associados de 0 a 5. Braga (2015) explica no seu trabalho, que num texto de redação, o candidato defenderá uma opinião a respeito do tema proposto, de forma coerente e coesa, apoiado em argumentos consistentes. O texto será redigido a respeitar a escrita formal da Língua Portuguesa. Ao fim, o candidato elabora uma proposta de intervenção social para o problema apresentado no desenvolvimento do texto que respeite os direitos humanos.

No seu estudo Monard e Baranauskas (2003) cita: “A indução é a forma de inferência lógica que permite obter conclusões genéricas sobre um conjunto particular de exemplos”. Na indução, um conceito é aprendido efetuando-se inferência indutiva sobre as amostras apresentadas. O aprendizado indutivo pode ser dividido em supervisionado e não supervisionado como



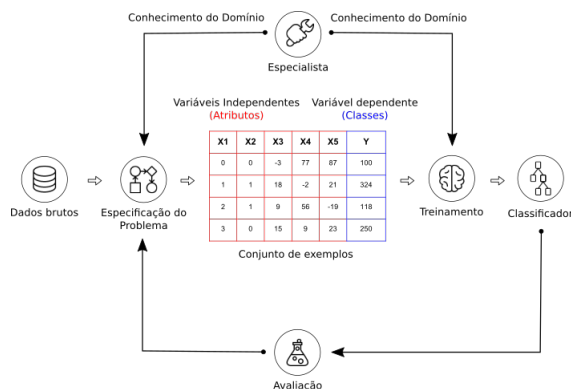
## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

ilustrada a Figura 1. No aprendizado não supervisionado, o algoritmo analisa os exemplos fornecidos e tenta determinar se alguns deles podem ser agrupados de alguma maneira, formando *clusters* ou agrupamentos. Já no aprendizado supervisionado é fornecido ao algoritmo de um conjunto de exemplos de treinamento para os quais o rótulo da classe associada é conhecido.



**Figura 1. Árvore hierárquica do aprendizado indutivo, a qual é dividida em algoritmos supervisionado e não-supervisionado.**

Classificadores são utilizados para a predição de classes de objetos e pode ser dita como o processo de generalização dos dados a partir de diferentes instâncias. Existe uma tendência de se referir a problemas com respostas quantitativas como “problemas de regressão” e aqueles com uma saída qualitativa como “problemas de classificação”. Dado um conjunto de exemplos como ilustrado na Figura 2, os classificadores devem encontrar uma função geral capaz de prever adequadamente as saídas para novas amostras. Após o treinamento, o classificador é avaliado e se necessário o processo de classificação pode ser ajustado usando o conhecimento sobre o domínio do problema, de acordo com o trabalho de [Motta \(2016\)](#).



**Figura 2. Fluxo do processo de classificação, o modelo encontra uma função geral capaz de prever as saídas, a especificação do problema pode ser reajustada com o conhecimento do domínio para obter um melhor resultado.**

Diversas ferramentas disponíveis para exploração de dados dispõem de soluções para o

## 2. TRABALHOS RELACIONADOS

processamento e a análise das informações de forma ágil e simples. Numa análise comparativa [Boscarioli, Viterbo e Teixeira \(2014\)](#) demonstram que não existe uma única ferramenta com características melhores para todas as aplicações em mineração de dados. Em um estudo que comparou quatro ferramentas (KMINE, *Orange*, Tanagra, Weka), todas de código aberto, gratuitas e muito utilizadas na pesquisa e na academia, [Wahbeh et al. \(2011\)](#) concluíram: Weka apresentou o melhor desempenho, seguido pelo *Orange*, e, depois, pelo KMINE e Tanagra. De acordo com [\(DEMŠAR et al., 2013\)](#), a ferramenta *Orange* na atual versão 3.5 desenvolvida pelo laboratório de Inteligência Artificial da Faculdade de Computação e Ciência da Informação da Universidade de *Ljubljana* na *Eslovênia*, possui uma *interface* gráfica denominada *Orange Canvas*. Atravé de sua *interface*, é possível conectar e interligar os objetos montando um fluxo de trabalho para o desenvolvimento de modelos de classificação, incluindo *Adaboost*, *Naive Bayes*, Árvores de Decisão, etc.

No processo de mineração de dados, segundo [Matsubara, Martins e Monard \(2003\)](#), na etapa de pré-processamento de textos, um dos métodos geralmente adotado é a representação usando a abordagem “*bag-of-words*”, uma das representações estruturadas mais simples. Utiliza técnicas de redução do termo ao seu radical e remoção de termos irrelevantes. Cada documento é representado como um vetor de palavras que ocorrem no texto, especificamente uma tabela atributo-valor.

O algoritmo Naive Bayes destaca-se entre os classificadores devido ao seu comportamento simplista, traz bons resultados em muitos casos. Baseado no Teorema de Bayes, criado por Thomas Bayes no século XVIII, é possível encontrar a probabilidade de um certo evento ocorrer, dada a probabilidade de outro evento que já ocorreu. [BRITO \(2017\)](#), cita na sua pesquisa o classificador Naive Bayes como um progenitor probabilístico, dado a fórmula:

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)}$$

Onde:  $P(c|x)$ : probabilidade da classe  $c$  dado o vetor  $x$ ;  $P(x|c)$ : probabilidade do vetor  $x$  dada a classe  $c$ ;  $P(c)$ : probabilidade a “priori” da classe  $c$ ;  $P(x)$ : probabilidade a “priori” do vetor de treinamento  $x$ .

Naive Bayes desconsidera a correlação entre as variáveis (“features”), ou seja, se determinada fruta é considerada uma “Maçã” se ela for “Vermelha”, “Redonda” e possui “cerca de 10 cm de diâmetro”, o algoritmo não vai considerar a correlação entre esses fatores, tratando cada um de forma independente. [Chakrabarti \(2002\)](#) descreve este classificador como o mais eficiente na precisão e rotulagem de novas amostras.

*AdaBoost* ou *Adaptive Boosting* (“impulso ou estímulo adaptativo”), é um classificador do tipo *Boosting*, um dos algoritmos mais populares no Aprendizado de Máquina. Utiliza uma técnica que seleciona diversos algoritmos denominados classificadores fracos, com a finalidade de constituir um classificador forte. Segundo [Reis \(2015\)](#), o seu sucesso deve-se ao mérito de conseguir adaptar-se aos classificadores de base. Neste algoritmo, os classificadores são gerados de forma a ajudar os exemplos incorretamente classificados pelos classificadores antecedentes, ele aumenta os pesos dos exemplos em que os classificadores anteriores cometeram erros, para indicar importância do exemplo no conjunto. Dado uma base de dados de entrada, o AdaBoost tem a função de encontrar um conjunto de características que construirão o classificador forte,

### 3. METODOLOGIA

favorecendo uma melhor classificação do conjunto de entrada.

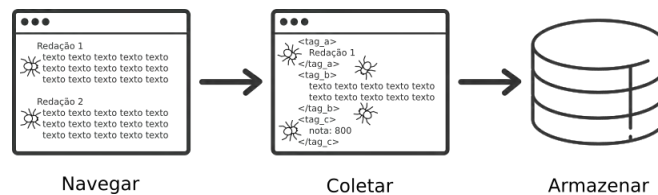
### 3. Metodologia

Para concluir com êxito o desenvolvimento deste trabalho e conseqüentemente os objetivos propostos, o método utilizado para solução do problema é composto das seguintes etapas sequenciais:

#### 3.1. Coleta de textos

Para as avaliações experimentais e análises realizadas neste estudo foram coletadas redações de dois diferentes projetos que estimulam o estudante a treinar a produção de textos do gênero dissertativo-argumentativo, sugerindo um tema, avaliando e publicando (ESCOLA, 2017) e (UOL, 2017).

Nos dias atuais consegue-se facilmente coletar textos de páginas *web*, para esta tarefa, foi necessário criar um *crawler*. Existem diversas formas de implementar um *crawler*, dentre elas, uma muito utilizada é o *Scrapy*, utilizado neste trabalho (SCRAPY, 2017). O uso de um *crawler*, permite explorar a estrutura de grafo da *web*, navegar de uma página para outra identificando as *tags* HTML que contém os dados necessários para compilar um *dataset*. A figura 3 ilustra a etapa em que o *crawler* navega entre as páginas HTML, filtra as *tags*, coleta e armazena os dados em um *dataset*.



**Figura 3.** O *crawler*, navega entre as páginas HTML do banco de redações de forma metódica e automatizada indexando textos que posteriormente serão filtrados, coletados e armazenados.

#### 3.2. Balanceamento de dados

Em muitos domínios, os conjuntos de dados são naturalmente desbalanceados. Dados desbalanceados representam o domínio onde qualquer classe de um grupo de dados está representado por um amplo número de exemplos, enquanto as demais classes são representadas por poucos exemplos. Abordagens ao nível de dados equilibram a distribuição das classes no conjunto de dados, usar técnicas como *undersampling* e *oversampling* resolvem o problema do desbalanceamento de acordo com o estudo de Ferreira, Dosciatti e Paraiso (2014). A técnica *oversampling* replica de forma aleatória, exemplos da classe minoritária, enquanto a técnica *undersampling* utilizada neste estudo, elimina aleatoriamente exemplos da classe majoritária. Além disso, Machado (2009) em seu estudo indica o uso das técnicas de limpeza de dados de modo a, eliminar os exemplos ruidosos e *limítrofes*, respectivamente (*class-label noise*, *borderlines*). A figura 4 ilustra a etapa onde os dados naturalmente desbalanceados são submetidos a técnica *undersampling* e limpeza de dados, resultando um *dataset* menor e balanceado.



### 3. METODOLOGIA

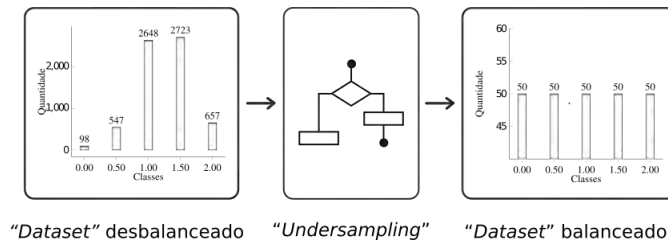


Figura 4. O *dataset* desbalanceado é submetido a técnica *undersampling* que gera um *dataset* menor e balanceado.

### 3.3. Pré-processamento, inferência indutiva e métricas de desempenho

A figura 5 ilustra as etapas necessárias para pré-processamento, indução e testes dos algoritmos classificadores. Devido à natureza textual não estruturada dos textos contidos no *dataset*, no primeiro passo os documentos armazenados necessitam de um pré-processamento. Cada sentença do texto é separada em *tokens* para transformar esses dados não estruturados em um formato estruturado, especificamente uma tabela atributo-valor, denominada *bag-of-words*. Nesta abordagem, palavras pouco significativas como artigos, preposições e conjunções que pouco caracterizam o texto pode ser ignorada com uma ou mais listas de *stopwords*. Segundo Matsubara, Martins e Monard (2003), este passo é importante, visto que a representação desses textos tem uma influência fundamental no resultado da indução dos algoritmos de Aprendizado de Máquina. No segundo passo é necessário definir os parâmetros da inferência indutiva de cada algoritmo e induzir os modelos classificadores *Adaboost* e *Naive Bayes*. O terceiro e último passo, o resultado da inferência dos classificadores são avaliados com as principais métricas de análise de classificadores citadas na literatura de Aprendizado de Máquina. Os passos dois e três são repetidos até que um dos classificadores apresente resultados relevantes ao estudo.

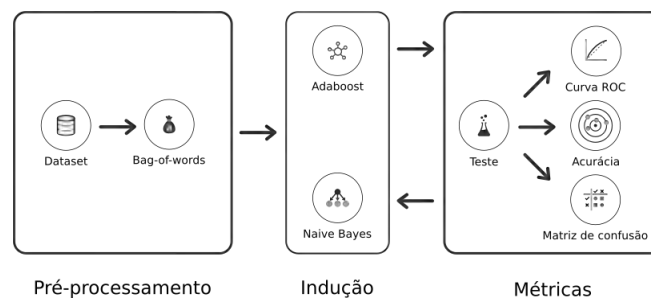


Figura 5. O *dataset* balanceado é submetido a técnica *bag-of-words* no pré-processamento, resultando em uma estrutura de atributo-valor utilizada na inferência indutiva do classificadores, por fim, os modelos induzidos são avaliados por métricas de desempenho.

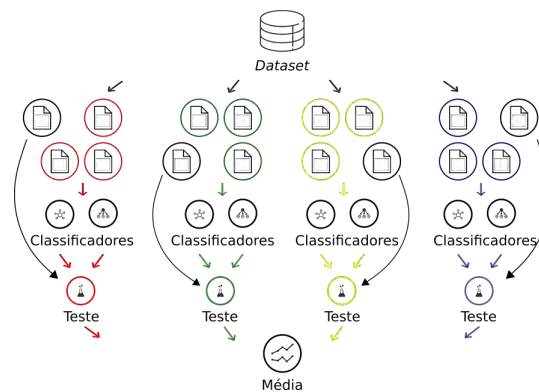
### 3.4. Validação cruzada

Para avaliar e validar a hipótese proposta foi adotada a metodologia de validação cruzada, já prevista na própria ferramenta *Orange*. O estudo de Tavares, Lopes e Lima (2007) explica que esta abordagem consiste em fracionar o *dataset* em  $N$  partes (*folds*). Destas,  $N-1$  partes são aplicadas na inferência indutiva e uma amostra é utilizada como base de testes. O método



#### 4. RESULTADOS

é repetido  $N$  vezes, de forma que cada fração seja utilizada apenas uma vez como conjunto de testes. Por fim, é calculada pela média dos resultados atingidos em cada ciclo, obtendo-se assim uma estimativa da qualidade da inferência induzida, o que permite análises estatísticas. A Figura 6 ilustra o fracionamento do *dataset* em  $N$  partes, da qual, uma amostra é separada para testes e as demais para inferência indutiva, ao fim, é calculada a média dos resultados obtidos de cada métrica de desempenho.



**Figura 6.** O *dataset* balanceado é fracionados em  $N$  partes, sendo uma parte separada para testes e as demais utilizadas na indução dos classificadores, por fim, é calculada a média dos resultados obtidos.

#### 4. Resultados

Este tópico é dedicado a apresentar os resultados, adversidades e contribuições alcançadas durante o desenvolvimento do estudo referente ao problema proposto. Por fim, são apresentadas considerações sobre as limitações ocorridas no desenvolvimento deste trabalho. Nos resultados do problema proposto, este estudo utilizou as principais métricas da literatura para análise de desempenho dos classificadores.

##### 4.1. Configuração do experimento

**Alvo** – Dada a matriz de referência do [INEP \(2016\)](#), a competência III foi selecionada aleatoriamente como o alvo da inferência indutiva dos classificadores.

**Naive Bayes** – Para o algoritmo Naive Bayes não foi preciso ajustar os parâmetros pois ele é não paramétrico.

**AdaBoost** – O Classificador base utilizado pelo AdaBoost foi a Árvore de decisão, com uma taxa de aprendizado configurado em 1,0 (um) e o número de iterações foi ajustado para 50 (cinquenta).

**Validação cruzada** – O *dataset* foi dividido em 10 conjuntos disjuntos com 69 textos. Os classificadores são treinados 10 vezes, cada vez com um conjunto diferente sendo deixado de fora para fazer a validação.



#### 4. RESULTADOS

##### 4.2. Disposição das classes no *dataset*

Dada as 6.663 redações coletadas originalmente, com temas diversificados que passaram em um processo de avaliação manual com diferentes avaliadores, a aplicação dos métodos de balanceamento e limpeza de dados, filtrou um segundo *dataset*, dispondo de 690 redações. O Gráfico 7 demonstra a disposição das classes distintas (0.00, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00) sobre as cinco competências exigidas.

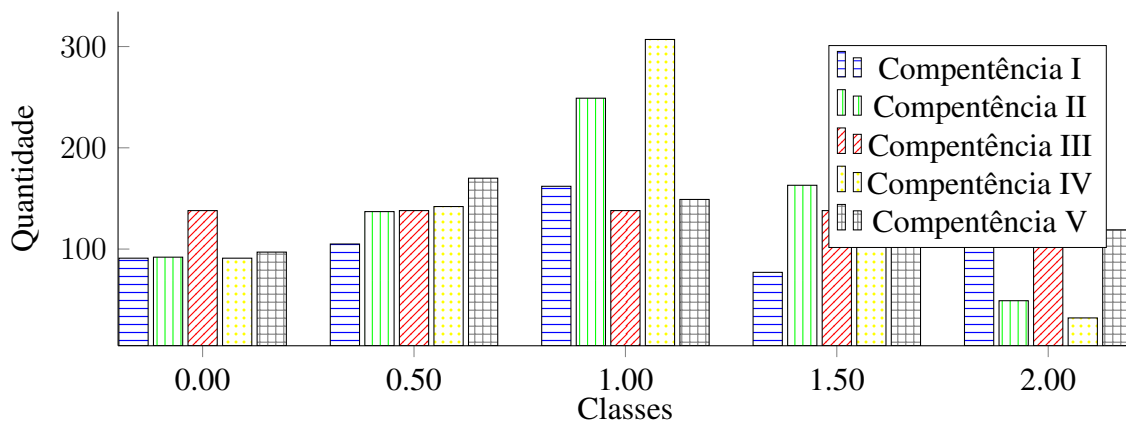


Figura 7. Distribuição das classes sobre a competência III de 690 redações no *dataset* balanceado, cada classe da competência III possui uma amostragem de 138 redações.

##### 4.3. Resultado da inferência indutiva

A inferência indutiva dos classificadores *Adaboost* e *Naive Bayes*, utilizando o *dataset* originou o Gráfico 8, onde está delineado os resultados da *acurácia* de cada classe distinta sobre domínio do problema. Com isso, nota-se que em relação ao algoritmo *Adaboost*, a indução do *Naive Bayes* proveu uma melhor *acurácia* na maior parte das classes.

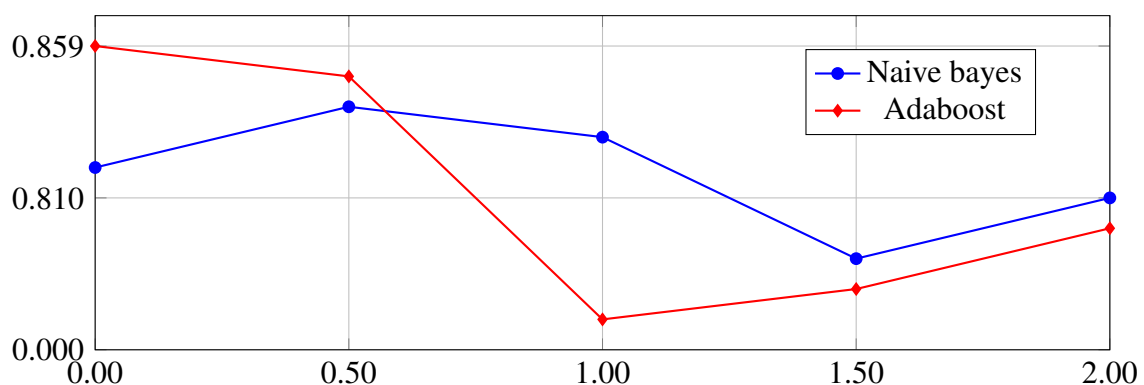


Figura 8. Sobreposição dos resultados de *acurácia* na inferência indutiva dos algoritmos *Adaboost* e *Naive Bayes*.

No Gráfico 9 é apresentado os resultados referentes ao ponto de corte da curva ROC



#### 4. RESULTADOS

correspondente a cada classe distinta. Através deste ponto avalia-se que o poder de discriminação das classes do algoritmo *Naive Bayes* foi superior em relação ao *Adaboost*.

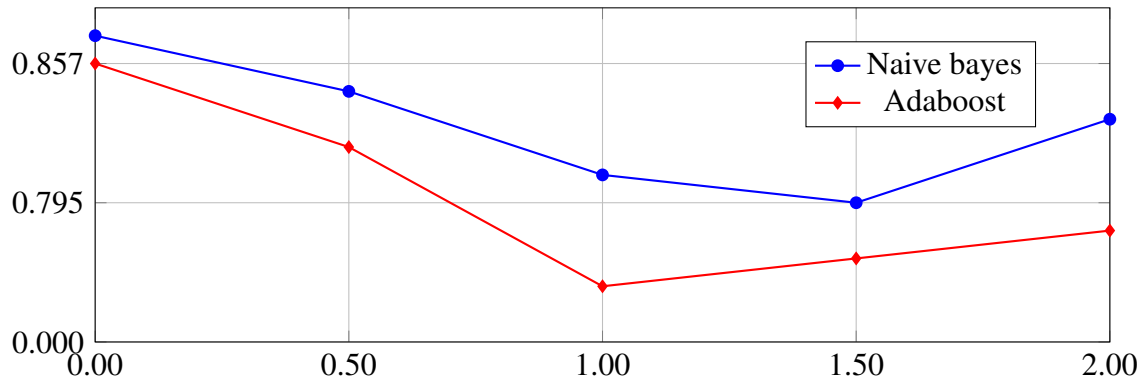


Figura 9. Sobreposição dos resultados da curva ROC na inferência indutiva dos algoritmos *Adaboost* e *Naive Bayes*.

A matriz de confusão ou tabela de contingência é uma ferramenta importante para avaliar os resultados da predição, facilita visualmente o entendimento e reage aos efeitos de predições falsas.

		Naive Bayes					$\Sigma$
		0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	
Atual	0.00	92	23	9	6	8	138
	0.50	20	83	28	4	3	138
	1.00	24	18	68	19	9	138
	1.50	19	5	12	75	27	138
	2.00	19	6	7	52	54	138
	$\Sigma$	172	135	124	156	101	690

Tabela 1. Matriz de confusão resultante da indução do classificador *Naive Bayes*.

		Adaboost					$\Sigma$
		0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	
Atual	0.00	83	10	27	11	7	138
	0.50	17	74	38	8	1	138
	1.00	10	19	77	19	13	138
	1.50	3	2	21	74	38	138
	2.00	12	3	12	50	61	138
	$\Sigma$	125	108	175	162	120	690

Tabela 2. Matriz de confusão resultante da indução do classificador *Adaboost*.

A análise da matriz nas Tabelas 1 e 2 respectivamente dos algoritmos *Naive Bayes*

e *Adaboost* foi fundamental para a avaliação dos classificadores. Em ambos classificadores o resultado poderia ser melhor, se caso o padrão encontrado dentro do texto pudessem ser mensurado com maior representatividade obtendo uma melhor separação entre as valorações de cada competência, entretanto, este resultado corrobora com a hipótese proposta para este estudo. De acordo ainda com a análise da matriz de confusão apresentada nas Tabelas 1 e 2, o número de predições corretas do classificador *Naive Bayes* apresentou um resultado melhor em relação ao algoritmo *Adaboost*.

## 5. Discussão

Como explicado antes, a definição de um melhor algoritmo entre os analisados é inviável, e não faz parte da proposta deste trabalho. Entretanto o classificador *Naive Bayes* apresentou um resultado significativamente maior, no entanto, isto não significa que tal algoritmo seja de fato seja melhor que o *Adaboost*, todavia, atestou a hipótese proposta e demonstrou que ambos os algoritmos, que possuem lógica de predição distintas, quando induzidos, recuperam padrões implícitos no texto da redação. Contudo, as métricas aqui calculadas poderão ser utilizadas para guiar uma escolha de algoritmos para elaboração de trabalhos futuros.

## 6. Conclusão

Este trabalho teve por objetivo o estudo da recuperação de padrões na valoração textual de redações, através da classificação de textos. Destaca-se que foram realizadas extensas avaliações empíricas sobre os classificadores *Naive Bayes* e *Adaboost*, no decorrer das atividades desenvolvidas para atingir os objetivos propostos, no entanto, por ser um campo de estudo relativamente recente e em contínuo desenvolvimento, acredito que ainda exista um grande espaço para novas descobertas.

Como contribuição, este trabalho demonstra que é possível se beneficiar com os padrões recuperados em textos. A recuperação de padrões implícitos em textos abre precedente a explorar novas soluções na valoração automática dos textos de redação.

## 7. Trabalhos Futuros

Os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento deste artigo, podem ser consideravelmente ampliados através de trabalhos futuros. Como dito anteriormente, a representação extruturada do texto, de uma forma equivalente ao original, foi uma difícil etapa durante a realização deste trabalho. Em trabalhos futuros, pretende-se utilizar “Deep Learning”, para extrair um vetor numérico de características do texto, com o objetivo de mensurar com maior representatividade os padrões encontrados.

## Referências

BATISTA, G. et al. Aplicando seleção unilateral em conjuntos de exemplos desbalanceados: Resultados iniciais. In: XIX CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- COMPUTAÇÃO “EDUCAÇÃO E APRENDIZAGEM NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO. [S.l.: s.n.], 1999. v. 20, p. 327–340. Citado na página 2.
- BOSCARIOLI, C.; VITERBO, J.; TEIXEIRA, M. F. Avaliação de aspectos de usabilidade em ferramentas para mineração de dados. *Anais da I Escola Regional de Sistemas de Informação do Rio de Janeiro*, v. 1, n. 1, p. 107–114, 2014. Citado na página 4.
- BRAGA, B. M. d. A. *Teoria da resposta ao item: o uso do modelo de Samejima como proposta de correção para itens discursivos*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília Instituto de Ciências Exatas Departamento de matemática, 7 2015. Online; acessado 06 Junho 2017. Citado na página 2.
- BRITO, E. M. N. D. Mineração de textos: detecção automática de sentimentos em comentários nas mídias sociais. *Projetos e Dissertações em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento*, v. 6, n. 1, 2017. Citado na página 4.
- CHAKRABARTI, S. *Mining the Web: Discovering knowledge from hypertext data*. [S.l.]: Elsevier, 2002. Citado na página 4.
- CSF, C. s. F. *Estudante de Graduação*. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/estudante>. Citado na página 1.
- DEMŠAR, J. et al. Orange: Data mining toolbox in python. *Journal of Machine Learning Research*, v. 14, p. 2349–2353, 2013. Disponível em: <http://jmlr.org/papers/v14/demsar13a.html>. Citado na página 4.
- ESCOLA, B. *Banco de redações*. 2017. Online; acessado 04 Setembro 2017. Disponível em: <http://vestibular.brasilecola.uol.com.br/banco-de-redacoes/>. Citado na página 5.
- FERREIRA, L. P. C.; DOSCIATTI, M. M.; PARAISO, E. C. Estudo do impacto de um corpus desbalanceado na identificação de emoções em textos. p. 3, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/277813458>. Citado na página 5.
- INEP. Edital anual do exame nacional do ensino médio, *EDITAL No 10, DE 14 DE ABRIL DE 2016*. 2016. Online; acessado 05 Junho 2017. Disponível em: [http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/edital/2016/edital\\_enem\\_2016.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2016/edital_enem_2016.pdf). Citado 3 vezes nas páginas 1, 2 e 7.
- LARA, G. M. P. A redação como tema de pesquisa. In: *Leitura: Teoria e Prática*. [S.l.]: 1994, 1994. v. 13, n. 24, p. 62–82. Citado na página 1.
- MACHADO, E. L. Um estudo de limpeza em base de dados desbalanceada e com sobreposição de classes. p. 19, 2009. Online; acessado 09 Setembro 2017. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/1397>. Citado na página 5.
- MATSUBARA, E. T.; MARTINS, C. A.; MONARD, M. C. Pretext: Uma ferramenta para pré-processamento de textos utilizando a abordagem bag-of-words. *Technical Report*, v. 209, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 6.
- MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. Conceitos sobre aprendizado de máquina. *Sistemas Inteligentes-Fundamentos e Aplicações*, v. 1, n. 1, 2003. Citado na página 2.



REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- MOTTA, P. R. d. A. *Estudo Exploratório do Uso de Classificadores para a Predição de Desempenho e Abandono em Universidades*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Goiás Instituto de Informática, 11 2016. Online; acessado 06 Junho 2017. Citado na página 3.
- NEGNEVITSKY, M. *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*. [S.l.]: Pearson Education, 2005. Citado na página 2.
- ORANGE, D. M. *Orange Visual Programming*. 2017. Online; acessado 07 Setembro 2017. Disponível em: <https://docs.orange.biolab.si/3/visual-programming/>. Nenhuma citação no texto.
- PEDREGOSA, F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, v. 12, p. 2825–2830, 2011. Nenhuma citação no texto.
- REIS, W. A. D. dos. Detecção de sinais de trânsito através do método de classificação adaboost. *UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 12, n. 1, p. 28, 2015. Citado na página 4.
- SCRAPY. *Scrapy*. 2017. Online; acessado 04 Setembro 2017. Disponível em: <https://scrapy.org/>. Citado na página 5.
- SILVA, S. R. da; CARVALHO, T. L. Produção de texto escrito no ensino médio: Competências requeridas pela avaliação de redação do enem em (des)uso no livro didático de português. *Caminhos em linguística aplicada*, 1o sem 2017, v. 16, n. 1, p. 1–25, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/caminhoslinguistica>. Citado na página 2.
- SISU, S. d. s. u. *O que é o Sisu*. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <http://sisu.mec.gov.br/>. Citado na página 1.
- TAVARES, L. G.; LOPES, H. S.; LIMA, C. R. E. Estudo comparativo de métodos de aprendizado de máquina na detecção de regiões promotoras de genes de escherichia coli. *Anais do I Simpósio Brasileiro de Inteligência Computacional*, p. 8–11, 2007. Citado na página 6.
- UOL. *Banco de redações*. 2017. Online; acessado 01 Junho 2017. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/bancoderedacoes/>. Citado na página 5.
- WAHBEH, A. H. et al. A comparison study between data mining tools over some classification methods. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, v. 8, n. 2, p. 18–26, 2011. Citado na página 4.
- WAYMO. *We're building a safer driver for everyone*. 2017. Online; acessado 07 Abril 2017. Disponível em: <https://waymo.com/>. Citado na página 2.



## **Análise e comparação de métodos de recomendações e seus coeficientes para sistemas de recomendação de filmes**

Jessé Filipe de Queiroz Morais<sup>1</sup>

Marco Túlio Alves Nolasco Rodrigues<sup>2</sup>

Flávio Luis Cardeal Pádua<sup>3</sup>

**Resumo:** Este artigo tem como objetivo desenvolver uma análise e comparação de algoritmos, métricas e resultados que envolvem o âmbito da recomendação. A pesquisa foi desenvolvida na linguagem de programação Java e os algoritmos testados no banco de dados MovieLens, composto por usuários, itens e avaliações dos usuários sobre estes itens. Os algoritmos abordados seguem a metodologia da Filtragem Colaborativa envolvendo o Rating Prediction, ou seja, os algoritmos testados serão avaliados a partir do erro médio quadrático - RMSE (Root Mean Square Error) e do erro médio absoluto - MAE (Mean Absolute Error). Por fim serão filtrados os melhores métodos de recomendação e será tentada uma otimização dos valores dos parâmetros dos mesmos, para assim, ter a certeza que o RMSE e MAE serão sempre os menores possíveis.

**Palavras-chave:** Sistema de recomendação. Previsão de avaliação. Similaridade. KNN. Filtragem colaborativa.

1. Ciência da Computação, bacharelado, Universidade de Itaúna - UIT, jessefilipemorais@gmail.com.

2. Ciência da Computação, doutorado, Universidade de Itaúna - UIT, tulio.rodrigues@gmail.com.

3. Ciência da Computação, doutorado, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, cardeal@decom.cefetmg.br.

### **1. Introdução**

Com o crescimento exponencial do volume de informações, surge a dificuldade dos usuários escolherem entre uma grande variedade de produtos e serviços de acordo com uma série de alternativas que lhes são apresentadas [Schons 2007, McDonald and Ackerman 2000, Davidson et al. 2010]. As origens do sistema de recomendação têm como raízes os sistemas de recuperação da informação. Por um lado, o sistema de recuperação da informação lida com o armazenamento e recuperação automática da informação [Baeza-Yates et al. 1999]. Por outro lado, a partir de estruturas avaliativas, em um sistema de recomendação, deseja-se apresentar ao usuário somente informações as quais possui melhor avaliação de acordo com o seu interesse [Betru et al. 2017, Ticha et al. 2011].

O sistema de recomendação é uma técnica criada inicialmente para permitir que usuários pudessem receber conteúdo personalizado através do compartilhamento de informações. Em um sistema típico as pessoas fornecem recomendações como entradas e o sistema direciona estas informações para os indivíduos considerados interessados potenciais. Um dos grandes desafios deste tipo de sistema é realizar o casamento correto entre os que estão recomendando e aqueles que estão recebendo a recomendação, ou seja, definir e



descobrir este relacionamento de interesses [Reategui et al. 2006].

Um sistema de recomendação é uma ferramenta que pode ser direcionada para área de marketing, para recomendações de algum tipo de produto em um site ou loja, para realizar buscas em sites de pesquisas. Diversas empresas, como Netflix, Google, Amazon, entre as empresas brasileiras se destaca o Magazine Luiza utilizam a metodologia e proposta de recomendação.

A FIGURA 1 ilustra a proporção de resultados de uma pesquisa. Por exemplo, caso o usuário realize um busca com apenas a palavra música, logo terá uma lista com resultados, onde no topo da lista estará Justin Bieber, que possui os hits mais tocados no momento, porém o usuário possui interesse em música clássica, que é um estilo diferente do cantor citado, menos buscado na internet e não está entre os hits mais tocados, portanto a busca com recomendação tende resolver este problema, caracterizando e personalizando os itens e os usuários, para que quando o usuário com interesse em música clássica ao realizar uma pesquisa seja demonstrado primeiramente músicas de seu interesse.

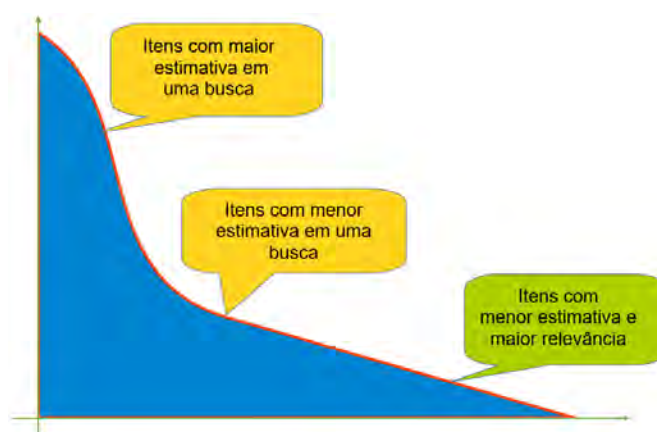


FIGURA 1 - Ilustração de pesquisa por itens na internet.

Técnicas de recomendação podem ser usadas para recomendar filmes para os consumidores. Os filmes podem ser recomendados baseando-se nos mais assistidos, baseado na narrativa, baseado na análise de compra do consumidor como uma predição de interesse. Em linhas gerais, essas técnicas podem ajudar na associação do melhor filme para um consumidor. Os sistemas de recomendação automatizam a busca por filmes, permitindo a personalização individual para cada consumidor.

Para que uma recomendação de um filme aconteça, é necessário uma série de comparações e cálculos entre usuários e itens e suas respectivas avaliações. Dessa forma é possível encontrar o que pode ser recomendado para um dado usuário ou um item. Este trabalho otimiza o processo de recomendação de filmes baseando na exploração da Filtragem Colaborativa [Melville et al. 2002] e apresenta ao usuário consumidor o melhor item de acordo com suas preferências avaliativas e de acordo com o seu perfil.

## 2. Metodologia

Neste trabalho, é realizado uma otimização do sistema de recomendação de filmes por meio de informações de contexto para uma melhor recomendação. Este sistema de recomendação explora métodos de similaridade e identifica o item recomendado por meio de



um algoritmo de clusterização baseado no k-means, proposta similar trabalhada e desenvolvida na biblioteca LibRec. São identificados fatores que condicionam a recomendação por um filme. A abordagem é apresentada na FIGURA 2 e pode ser dividida em duas fases.

Na primeira fase, é a fase de teste dos algoritmos e variação dos seus parâmetros. Nesta fase é separado uma porção da base de dados oficial. Em seguida é executado um laço de execuções dos algoritmos, 30 vezes cada, para encontrar o melhor método de similaridade. Encontrado o método, fixa-o, então é executado 30 vezes novamente os algoritmos variando o valor para coeficiente de KNN.

A obtenção dos melhores é baseada na comparação dos valores dos erros de RMSE e MAE, logo quanto menores estes erros, melhor o algoritmo, considerando que o algoritmo de recomendação é não-determinístico, os valores são estatísticos. A segunda fase é a aplicação do melhor algoritmo com seus parâmetros já definidos, método de similaridade e KNN, na base de dados oficial completa. Esta fase é a simulação da execução do algoritmo numa rotina de sua aplicação, podendo-se afirmar que sendo utilizado um ótimo algoritmo e com sua melhor parametrização, logo, os resultados serão sempre os melhores possíveis.

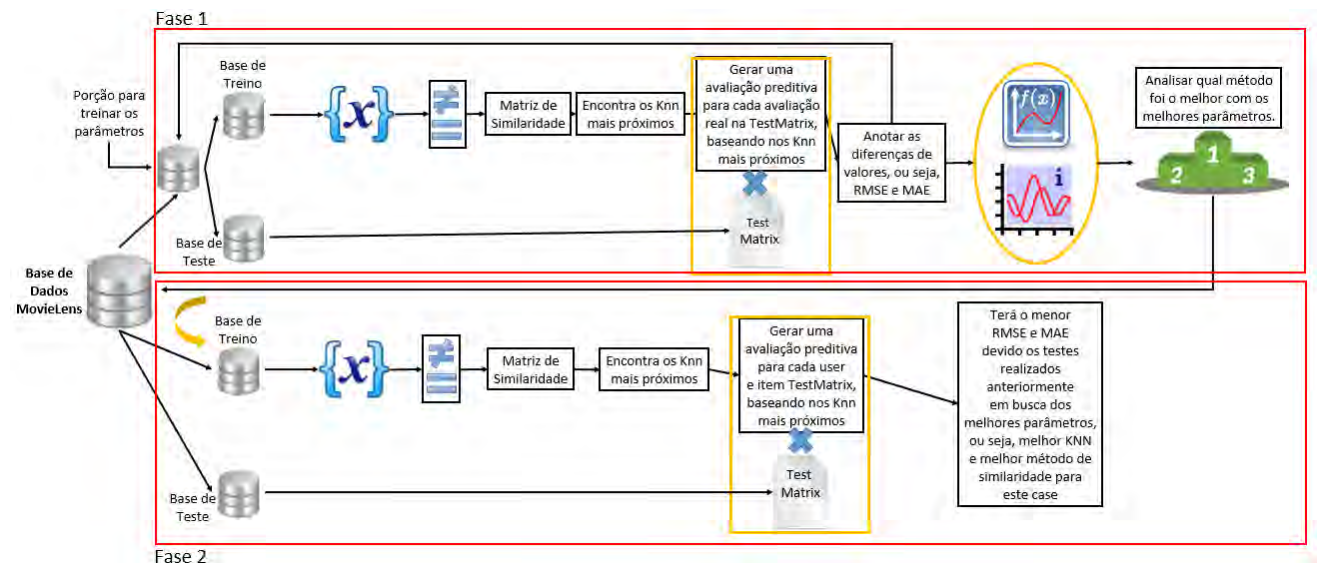


FIGURA 2 - Metodologia a ser seguida: a metodologia é composta por passos que devem ser seguidos objetivando encontrar os melhores valores para os parâmetros dos métodos de recomendações durante a execução do treino do algoritmo e enfim poder executar na base oficial.

### 3. Resultados e Discussão

O objetivo deste estudo é desenvolver uma análise e comparação de algoritmos, métricas e resultados, permitindo assim otimizar a recomendação de filmes baseado no banco de dados MovieLens.

Serão realizados diversos testes em uma série de algoritmos variando os seus parâmetros (método de similaridade e coeficiente de KNN). Todos os resultados serão armazenados e gráficos dos erros RMSE e MAE serão gerados para cada passo. Contudo, será observado qual algoritmo resultou no menor erro. Esse, então será o melhor algoritmo para avaliação da recomendação de filmes.



### 3.1 Base de Dados

O GroupLens Research disponibilizou uma base de dados que contém a avaliação de filmes. Esse conjunto foi coletado ao longo do tempo. A base de dados MovieLens é composta por:

- a) 7120 usuários.
- b) 14026 filmes.
- c) 1048575 avaliações.

A base para realização de testes e treino dos algoritmos separada fisicamente é composta por:

- a) 1999 usuários.
- b) 3647 filmes.
- c) 208829 avaliações.

Para a realização deste estudo, inicialmente foi separado em um arquivo distinto no formato “txt” uma porção da base de dados oficial representando a base de testes que será utilizado para encontrar os melhores parâmetros, sempre em busca do menor RMSE e MAE. Estes erros calculam as métricas de previsão, logo quanto menor os seus coeficientes, melhor é o resultado e melhor é o algoritmo.

Todos os algoritmos trabalhados são classificados como Rating Prediction (Previsão de Avaliação). Isso significa que eles geram uma previsão de avaliação dos itens que os usuários avaliaram. Assim os erros RMSE e MAE calculam o quão bom é a precisão da previsão da avaliação gerada pelo algoritmo, portanto quanto menor o coeficiente dos erros, melhor o algoritmo.

A fórmula para calcular é o RMSE é:

$$RMSE = \sqrt{E((\hat{\theta} - \theta)^2)} \quad (1)$$

O símbolo E representa o erro,  $\theta$  é o valor observado e  $\hat{\theta}$  com acento circunflexo é o valor previsto.

E para calcular o MAE é:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x| \quad (2)$$

O símbolo  $x_i$  representa o valor previsto e  $x$  o valor observado.

### 3.2 Configuração dos Experimentos

Na configuração dos experimentos, os parâmetros foram estimados considerando o menor valor para o erro médio quadrático e raiz média quadrática do erro. A cada passo, variou-se o parâmetro Lambda (Simetria) ou K (KNN). A configuração dos experimentos é realizada por meio do conjunto de teste.

Inicialmente foram testados todos os algoritmos fornecidos pela biblioteca LibRec voltados para Rating Prediction, considerando alguns coeficientes dos parâmetros fornecidos, porém muitos foram alterados para verificar um melhor resultado comparado com os erros também fornecidos pelos testes realizados pela biblioteca.

A FIGURA 3 apresenta os coeficientes dos erros dos algoritmos Rating Prediction testados na base de dados de teste.

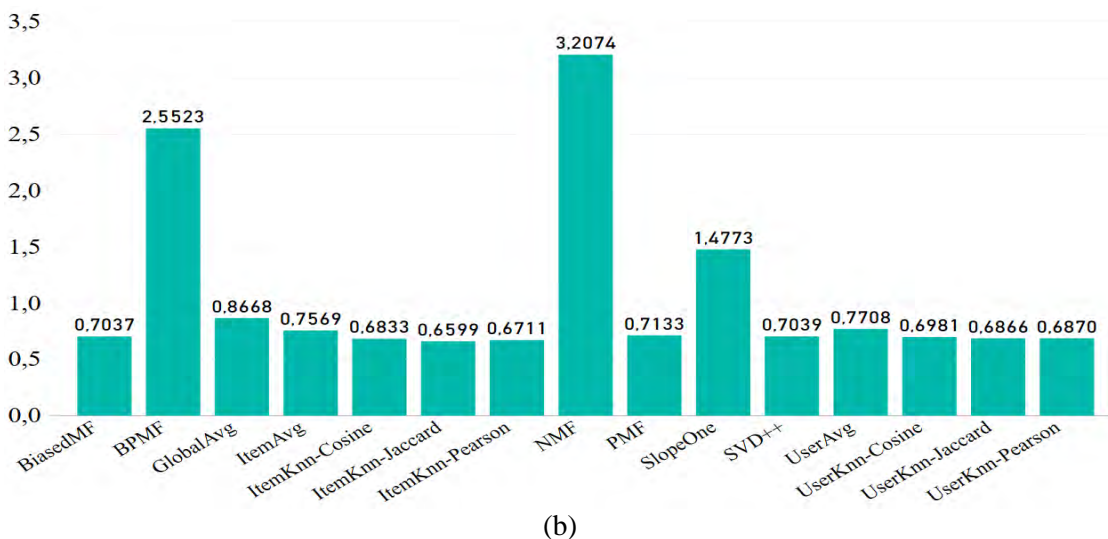
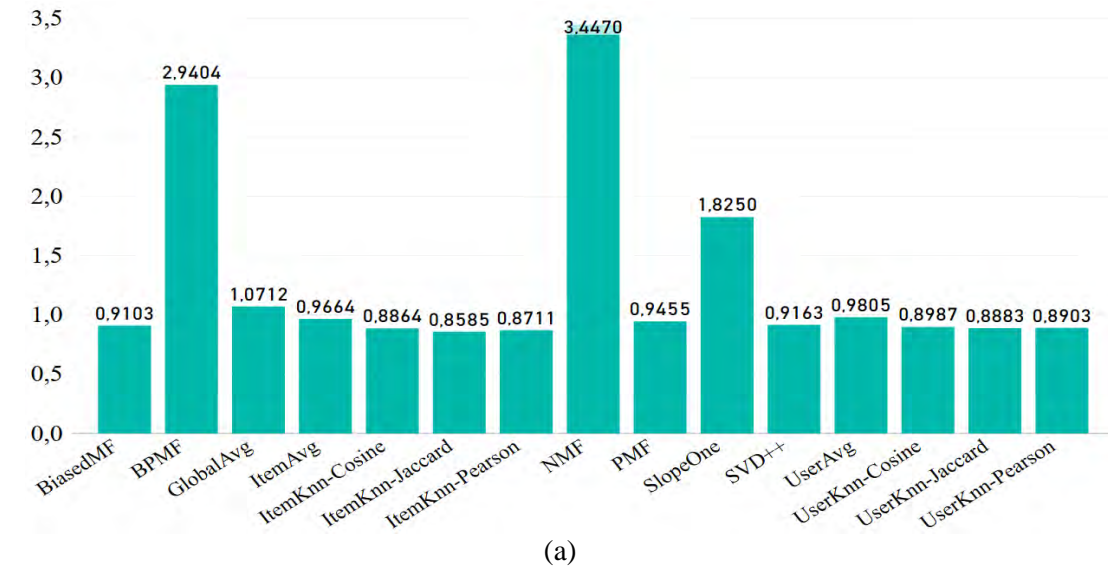


FIGURA 3 - (a) Erro RMSE e (b) Erro MAE de todos os algoritmos Rating Prediction testados.

Conforme a FIGURA 3 demonstra, os métodos UserKnn e ItemKnn se destacam como os melhores com os menores erros RMSE e MAE, logo estes dois métodos serão analisados mais criteriosamente testando os seus parâmetros para tentar encontrar um coeficiente menor ainda para os erros.

#### 4. Discussão

O primeiro parâmetro mais relevante dos métodos UserKnn e ItemKnn é a medida de similaridade em que se baseiam para criar a matriz de usuários (UserKnn) ou de itens (ItemKnn).

O parâmetro Lambda representa o valor de simetria. A proposta da simetria é encontrar os usuários, se for UserKnnRecommender, ou itens mais similares se for ItemKnnRecommender, de modo que o erro médio absoluto seja ou a raiz do erro médio quadrático sejam os menores possíveis.

Ambos métodos de recomendação trabalhando com matriz de similaridades, onde a principal diferença entre eles é a chave para construção das matrizes, onde no método UserKnnRecommender utiliza-se a chave “user” e ItemKnnRecommender a “item”, esta variação devido o UserKnn busca KNN usuários vizinhos mais próximos, logo é necessário uma matriz de usuários, e ItemKnn busca KNN vizinhos mais próximos, logo é necessário ser criada uma matriz de itens. Contudo ambos foram aplicados as funções de similaridades mais difusas e conhecidas da área: Correlação de Pearson, Distância entre Cossenos e Coeficiente de Jaccard.

Sobre os métodos de similaridades, a Correlação de Pearson é uma técnica para investigar a relação entre 2 objetos, no caso, usuário x usuário e item x item, onde o coeficiente de Correlação de Pearson é a medida da força de associação entre esses objetos. O valor do coeficiente de Pearson trata a relação com valores entre -1 e 1, onde os próximos à -1 possuem uma fraca correlação, ou seja, são totalmente diferentes e possuem ausência total de similaridade, os próximos à 0 são diferentes e os próximos à 1 possuem uma forte correlação e são objetos bastante semelhantes. O cálculo da similaridade de Pearson, um item deve ser avaliado por pelo menos dois usuários, caso contrário, ele não entrará no cálculo da similaridade e será desconsiderado do perfil do usuário. A este problema é dado o nome de Problema do Novo Item. Na correlação de Pearson mede o quanto duas variáveis mudam juntas dividida pelo produto do quanto elas mudam individualmente. Quanto mais as variáveis mudam juntas em relação ao quanto mudam individualmente, maior a correlação.

Fórmula para cálculo do coeficiente de Pearson entre dois objetos é:

$$Pearson(x, y) = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N})}} \quad (3)$$

O símbolo x e y representa a média dos valores observados e N é o número de elementos.



Distância entre Cossenos mede a distância entre dois pontos calculando o ângulo da origem. A semelhança de cosseno entre dois vetores (ou dois objetos no Espaço Vectorial) é uma medida que calcula o cosseno do ângulo entre eles. Esta métrica é uma medida de orientação e não de magnitude, pode ser vista como uma comparação entre objetos em um espaço normalizado por que é levado em consideração o ângulo entre os objetos.

$$\cos(\Theta) = \frac{A \cdot B}{|A||B|} = \frac{\sum_1^n A_i X B_i}{\sqrt{\sum_i^n (A_i)^2} X \sqrt{\sum_i^n (B_i)^2}} \quad (4)$$

O símbolo A e B representa vetores e  $A_i$  e  $B_i$  são componentes dos vetores A e B, respectivamente.

A distância entre os cossenos traz intervalos entre 0 e 1, trazendo assim, resultados sempre positivos.

Sobre a medida de similaridade do Coeficiente de Jaccard, não são considerados as coincidências de números 0 (zero), para lidar adequadamente com atributos assimétricos, uma vez que os números 0 (zero) indicam apenas ausência de uma característica. Esta medida de similaridade se dá pelas características presentes. Este método calcula a similaridade de maneira binária, ou seja, leva em conta somente os atributos que os itens têm em comum, e seu alcance varia entre zero (quando os dois itens não têm similaridade alguma) e um (quando os dois itens são exatamente iguais), assim terá resultados entre o seguinte intervalo:

$$0 \leq J(A, B) \leq 1 \quad (5)$$

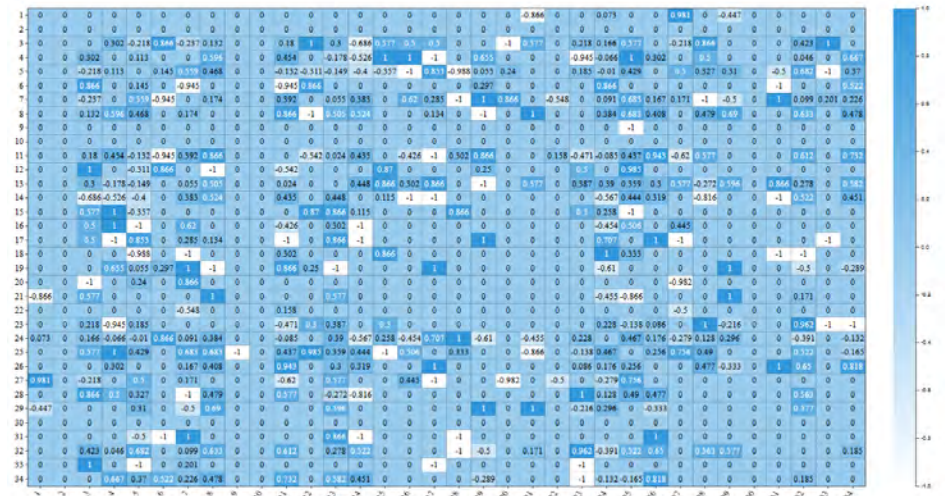
O símbolo A e B representa vetores.

A fórmula para cálculo de Jaccard é:

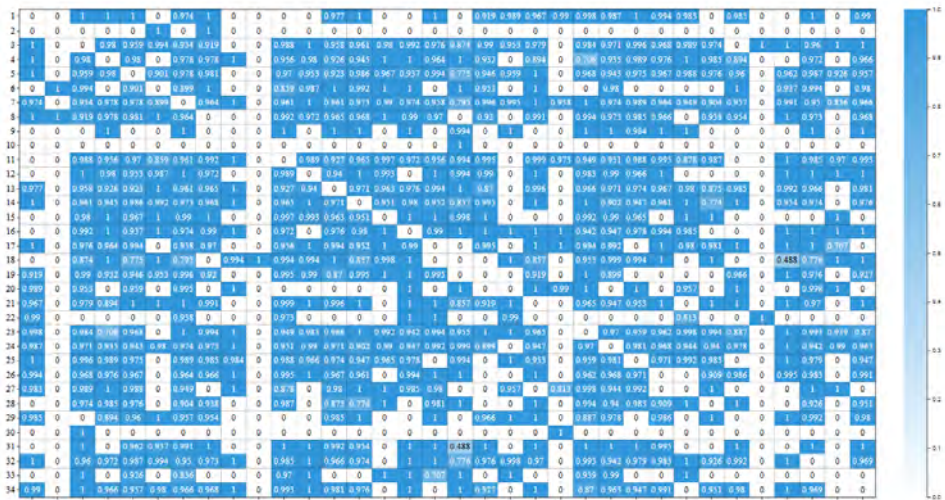
$$J(A, B) = \left| \frac{A \cap B}{A \cup B} \right| \quad (6)$$

O símbolo A e B representa vetores.

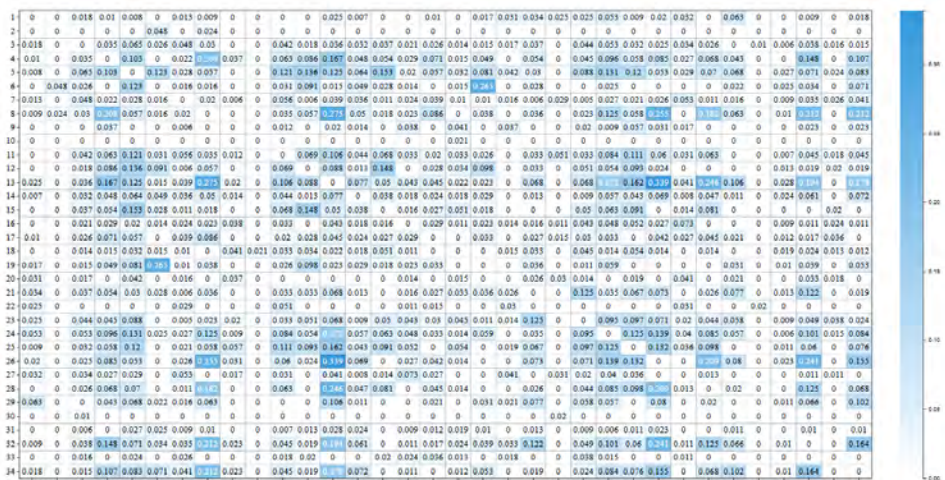
A FIGURA 4 apresentam as matrizes de similaridades geradas pelos métodos de Pearson, Cosseno e Jaccard, respectivamente, observando que as matrizes representam uma pequena porção dos objetos na base de dados, nestes exemplos são mapeados os usuários como objetos.



(a)



(b)



(c)

FIGURA 4 - (a) Correlação de Pearson, (b) Distância entre Cossenos e (c) Coeficiente de Jaccard.



O segundo parâmetro a ser variado é o KNN, que representa k nearest-neighbor, ou seja, K vizinhos mais próximos do objeto que está sendo analisado.

Para a pesquisa presente foram gerados dois gráficos para cada parâmetro testado no treino do algoritmo, um para o erro RMSE e outro para MAE. O primeiro parâmetro é o método de similaridades, que varia em Pearson, Cossenos e Jaccard, após encontrar o que resultou no menor RMSE e MAE, esse método é fixado e então o segundo parâmetro, o KNN, é variado. Assim, encontrado o melhor valor para o coeficiente de KNN, é finalizado e, então pode-se afirmar que o algoritmo possui os melhores parâmetros. Desta maneira é possível afirmar que o erro RMSE e MAE será sempre o melhor e menor possível.

Os gráficos à seguir representam todas as etapas realizadas para as definições dos melhores parâmetros dos métodos UserKnn e ItemKnn. Na primeira etapa verificou-se qual o melhor método de similaridade, Pearson, Cosseno ou Jaccard, que apresenta o menor e melhor coeficiente dos erros RMSE e MAE. As FIGURAS 5 e 6 demonstram os resultados.

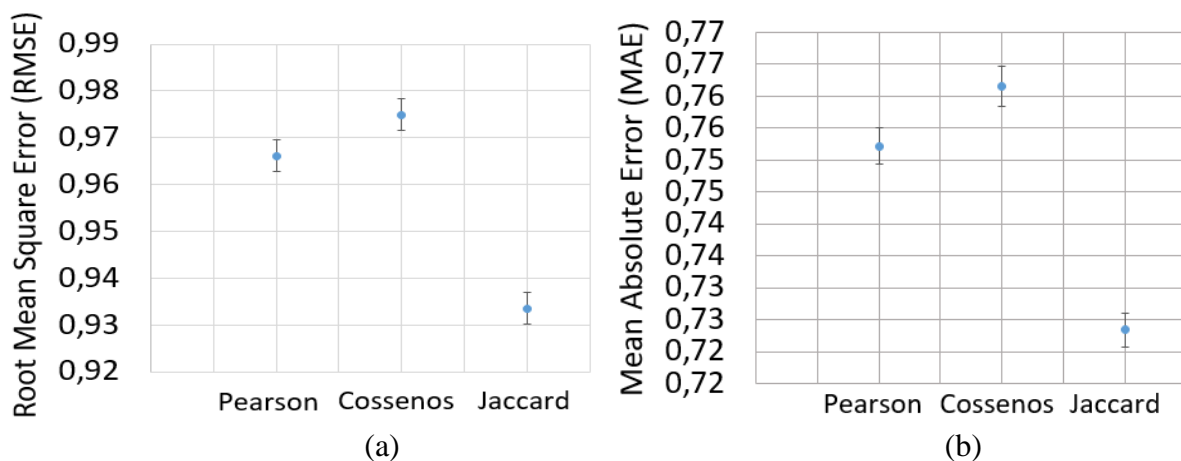


FIGURA 5 - Raiz média quadrática do erro (a) e erro médio absoluto (b) referente aos testes do UserKnnRecommender variando o método de similaridade.

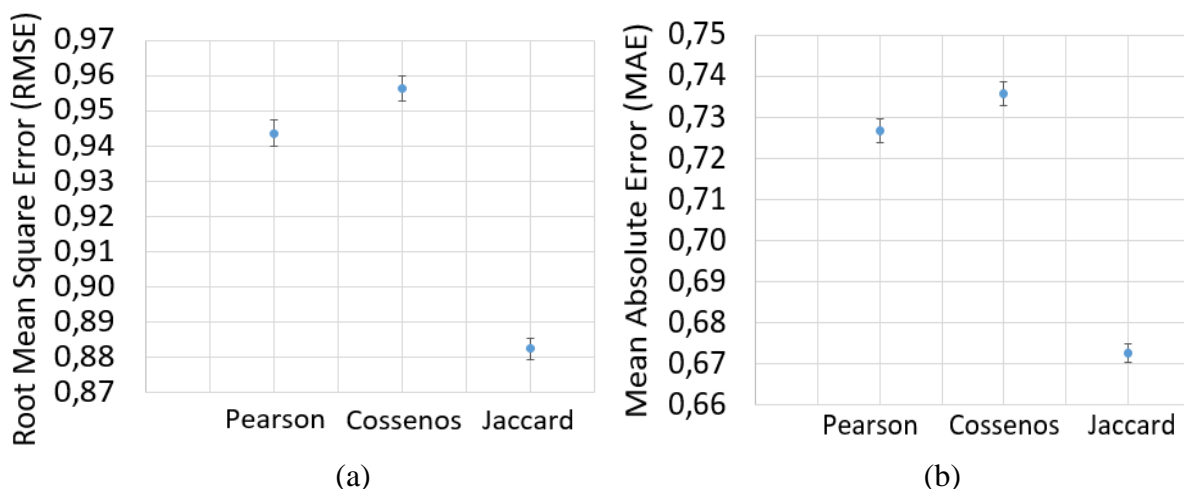


FIGURA 6 - Raiz média quadrática do erro (a) e erro médio absoluto (b) referente aos testes do ItemKnnRecommender variando o método de similaridade.



Com base nos gráficos das FIGURA 6 e 7 o método de Jaccard se apresentou melhor que os demais. O próximo passo é variar o KNN conforme apresentam as FIGURAS 7 e 8.

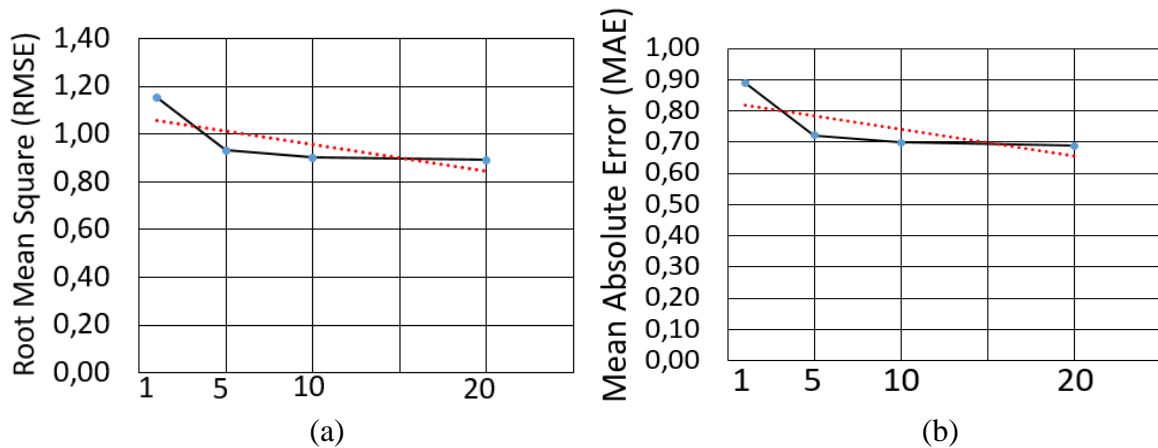


FIGURA 7 - Raiz média quadrática do erro (a) e erro médio absoluto (b) referente aos testes do UserKnnRecommender variando o KNN após encontrar o melhor método de similaridade.

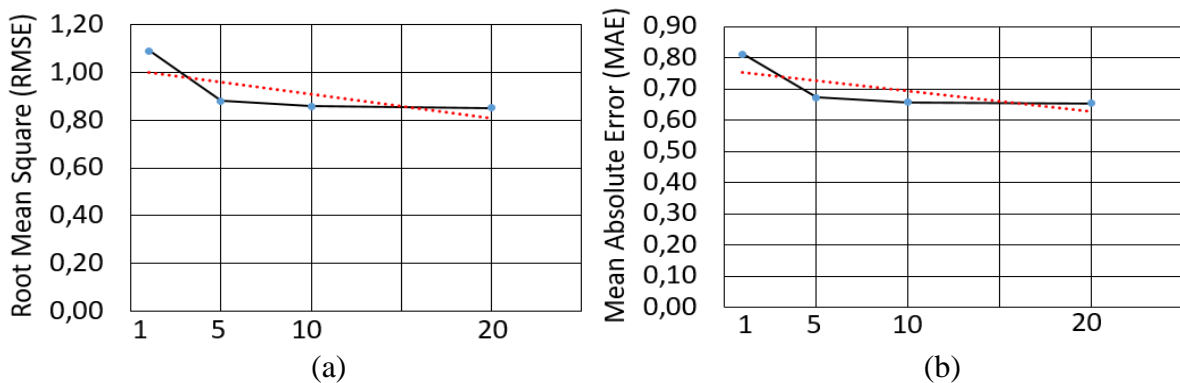


FIGURA 8 - Raiz média quadrática do erro (a) e erro médio absoluto (b) referente aos testes do ItemKnnRecommender variando o KNN após encontrar o melhor método de similaridade.

Como resultado, é possível observar que à medida que se eleva o coeficiente de KNN, o valor do erro RMSE e MAE diminui. Isso acontece pelo fato do treino poder encontrar mais vizinhos próximos, permitindo gerar uma previsão de classificação melhor, pois terá um número maior de avaliações para serem analisadas. Contudo o ItemKnn possui melhor nível de erro, se tornando melhor método de recomendação para o banco MovieLens da maneira que se encontra hoje. Vale ressaltar que o RMSE e MAE obtidos neste estudo foram melhores dos que demonstram de exemplo na LibRec.

Para fins de análise e certeza que método ItemKnn é o melhor, foi realizado mais uma análise variando o parâmetro ratio, que define quais avaliações são movidas para a base teste e para a de treino, assim variando o ratio, varia a porção de teste e treino. A FIGURA 9 apresenta os resultados.

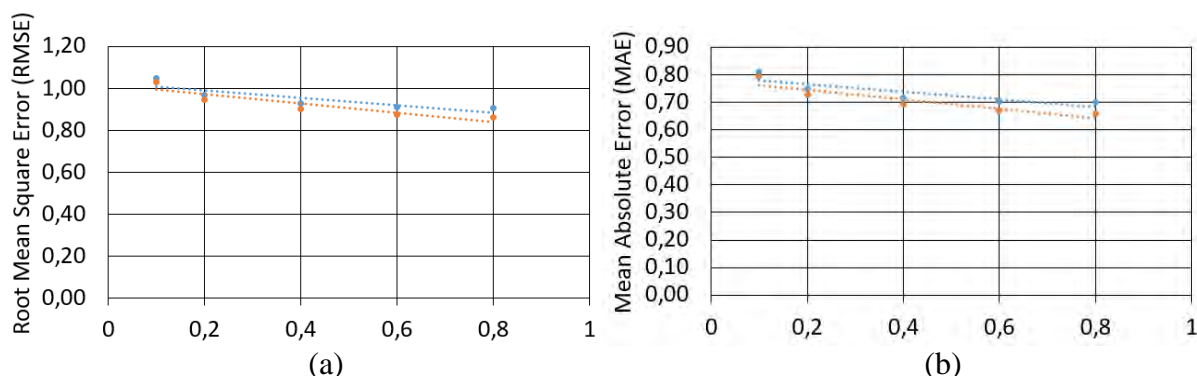


FIGURA 9 - Raiz média quadrática do erro (a) e erro médio absoluto (b) referente aos testes variando o parâmetro ratio que é um valor base a ser comparado com um número gerado de forma randômica para separar as bases de treino e teste.

Conforme esperado o ItemKnn continuou a ser o melhor método de recomendação e manteve o menor erro RMSE e MAE, mesmo com a variação da porção teste e treino.

## 5. Conclusão

Há várias opções de implementações disponíveis, onde para a presente pesquisa foi utilizada a comparação e análises da Filtragem Colaborativa baseando no erro voltado para previsão da avaliação, mas existem algoritmos que implementam a Filtragem baseado em conteúdo e a Filtragem Híbrida, além de outros avaliadores de erros como medidas de ranking para algoritmos de recomendações top N, tais como precision e recall.

Embora os métodos que calculam a similaridade entre conjuntos, que é o caso de Jaccard, são geralmente descartados quando se quer implementar um sistema de recomendação de produtos, devido ao fato de se utilizar a intersecção entre os conjuntos, o que o torna um sistema binário. Este aspecto compromete o cálculo da similaridade, uma vez que os atributos envolvidos não possuem uma relevância (ou pertencem ou não pertencem no conjunto do item) definida, contudo o método de Jaccard se apresentou melhor do que a Distância dos Cossenos e Coeficiente de Pearson. Vale ressaltar que o banco de dados utilizado MovieLens possui atributos simples e era compostos apenas por usuários, itens e as avaliações dos usuários sobre estes itens. Caso tivesse sido utilizado um banco que contenha mais informações relevantes ou características de um item, provavelmente Jaccard não seria tão bom quanto se apresentou neste trabalho.

Portanto, Jaccard é o melhor parâmetro para o método de similaridade de apresentado segundo os critérios de avaliação RMSE e MAE, medidas de previsão de classificação. Sobre o segundo parâmetro, KNN, foi observado que quanto maior o valor, menor serão os erros RMSE e MAE, mas deve-se atentar visto que a alteração do coeficiente 1 para 5, houve um ganho excelente, alterando de 5 para 10 também houve uma melhoria significativa, porém do coeficiente 10 em diante, os valores dos erros continuaram diminuindo, mas não com tanta proporção como os valores anteriores, havendo uma variação muito pequena. Deve observar que quanto maior o KNN, mais tempo é gasto para a execução do algoritmo, portanto, pode ser não tão interessante parametrizar um coeficiente com valor muito alto para o KNN, pois o desempenho pode ficar muito prejudicado. O coeficiente ideal para o algoritmo é 10. Por fim, baseando nos melhores parâmetros o ItemKnnRecommender foi o melhor algoritmo de

recomendação em todos os testes.

Contudo, o sistema de recomendação é uma tecnologia que está em constante desenvolvimento e crescimento, tendencioso a ser umas das tecnologias mais utilizadas pelas pessoas se encaixando em vários ramos, como de negócios, educacional ou de entretenimento.

### Referências

- BAEZA-YATES, R., RIBEIRO-NETO, B., et al. (1999). *Modern information retrieval*, volume 463. ACM press New York.
- BETRU, B. T., ONANA, C. A., AND BATCHAKUI, B. (2017). A Survey of State-of-the-art: Deep Learning Methods on Recommender System. *International Journal of Computer Applications*, 162(10).
- DAVIDSON, J., LIEBALD, B., LIU, J., NANDY, P., VAN VLEET, T., GARGI, U., GUPTA, S., HE, Y., LAMBERT, M., LIVINGSTON, B., et al. (2010). The YouTube video recommendation system. In *Proceedings of the fourth ACM conference on Recommender systems*, pages 293–296. ACM.
- MCDONALD, D. W. AND ACKERMAN, M. S. (2000). Expertise recommender: a flexible recommendation system and architecture. In *Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pages 231–240. ACM.
- MELVILLE, P., MOONEY, R. J., AND NAGARAJAN, R. (2002). Content-boosted collaborative filtering for improved recommendations. In *Aaai/iaai*, pages 187–192.
- REATEGUI, E. B., CAZELLA, S. C., AND OSÓRIO, F. S. (2006). Personalização de Páginas Web através dos Sistemas de Recomendação. *Tópico em Sistemas Interativos e Colaborativos*. São Carlos.
- SCHONS, C. H. (2007). O volume de informações na Internet e sua desorganização: reflexões e perspectivas. *Informação & Informação*, 12(1):50–65.
- TICHA, S. B., ROUSSANALY, A., BOYER, A., AND BSAIES, K. (2011). User-feature model for hybrid recommender system. In *4th International Conference on Information Systems and Economic Intelligence-SIIE'2011*. IGA Maroc.



## **Redução da variabilidade do teor de ferro do rejeito no separador magnético de alta intensidade utilizando técnicas de controle estatístico de processo.**

Deiller Henrique Fonseca<sup>1</sup>

Luan Cristiano Dias<sup>2</sup>

Otávio Chaves Cardoso<sup>3</sup>

Alecir Silva<sup>4</sup>

**Resumo:** O setor de extração de minério de ferro é reconhecido por sua abundância e importância econômica no oeste do quadrilátero ferrífero, na região de Serra Azul, em Minas Gerais. O estudo objetiva reduzir e controlar o teor de ferro presente no rejeito liberado por um equipamento magnético de alta intensidade denominado *High Intensity Magnetic Separation* e demonstrar a importância do Controle Estatístico do Processo como instrumento de acompanhamento e melhorias em uma empresa de extração de minério de ferro. Com o diagnóstico do processo observou-se que o teor de ferro presente no rejeito superava os valores estabelecidos. Assim, desenvolveu-se um plano de ação a fim de confrontar melhorias para a redução e eliminação de causas que atuavam nos valores encontrados. Diante da implementação de melhorias alcançou-se resultados eficientes, como o deslocamento da média de rejeito de ferro de 17,22% para 12,35% Fe, redução na dispersão de 6,13% para 3,46% e a porcentagem de rejeito de ferro acima de 17% caindo para 8,45%.

**Palavras-chave:** Controle Estatístico da Qualidade. Minério de Ferro. Variabilidade.

1. Engenheiro de Produção, UI, deillerhenrique@hotmail.com.

2. Engenheiro de Produção, UI, luandias36@hotmail.com.

3. Engenheiro de Produção, UI, otawiommm@yahoo.com.br.

4. Engenheiro Mecânico, Especialista em Gerência e Tecnologia da Qualidade, UI, alecir09@gmail.com.

### **1. Introdução**

Diante de um ambiente desafiador que as indústrias de modo geral vêm enfrentando, no qual a exigência para atender os clientes vem se tornando cada dia mais intensa, a qualidade como atributo essencial se tornou uma das principais estratégias de negócio. A implantação de técnicas e ferramentas de controle estatístico permite aperfeiçoar o monitoramento, o controle preventivo e a estabilização do processo, desempenhando papel fundamental para a melhoria da qualidade do produto. A conformidade com especificações, uma das dimensões da qualidade, segundo Garvin (1987), geralmente é obtida através da redução sistemática da variabilidade presente no processo.

Este trabalho retrata um estudo de caso realizado em uma empresa mineradora, o qual consiste na redução da variabilidade do teor de ferro (Fe) do rejeito do separador magnético de alta intensidade aplicando técnicas de controle estatístico de processo (CEP). A implantação deste projeto ocorreu na Arcelormittal Mineração Brasil, Mina de Serra Azul, no ano de 2016,



fundamentado pela oportunidade de melhoria da recuperação metalúrgica do conteúdo metálico presente na polpa de minério, que é processada no separador magnético de alta intensidade. O problema consiste na variabilidade do teor de Fe no rejeito maior que 17,0%, sendo que o projeto tem como objetivo principal reduzir a variabilidade do teor de Fe no rejeito menor que 17,0%, obtendo-se, conseqüentemente, um produto (*pellet feed*) de alto teor.

O comércio do minério de ferro é bastante concorrido, onde o preço do produto é estabelecido pelo mercado (*commodities*). À vista disso, surgiu a ideia, associada à necessidade de a empresa dilatar sua competitividade, de implantar técnicas de CEP com o intuito de aperfeiçoar o processo, convertendo em melhoria nos resultados de produtividade e cumprimento de especificações de qualidade. Esse produto geralmente é utilizado para corrigir minérios com qualidades inferiores, resultando, assim, em ganhos financeiros para a empresa na qual o projeto está sendo aplicado, além de reduzir gastos com movimentação de rejeitos dispostos em cavas e minimizar o volume de água utilizado no processo de beneficiamento.

## 2. Metodologia

O projeto almeja-se a redução da variabilidade do teor de ferro do rejeito no HIMS - *High Intensity Magnetic Separation*, com a utilização de conceitos e técnicas de controle estatístico aplicados sobre a massa de dados coletados no minério beneficiado e no rejeito do processo, na produção, na planta de mineração.

O estudo foi desenvolvido em uma indústria do ramo de mineração, localizada no município de Itatiaiuçu, no primeiro semestre de 2016. A pesquisa desenvolvida, do ponto de vista da natureza é classificada como sendo aplicada, uma vez que é dirigida a um objetivo prático específico, ou seja, através de teorias mais amplas, visa investigar o teor de Fe do rejeito no HIMS.

A implantação de técnicas estatísticas visando a redução da variabilidade do teor de Fe do rejeito no HIMS com o auxílio de cartas de controle é definida como quantitativa, pois os resultados podem ser mensurados.

A pesquisa é exploratória, pois se pode utilizar diversas técnicas com pequenas amostras. Esse método permite escolher as técnicas mais adequadas para o estudo e decidir sobre as questões que mais necessitam de atenção e investigação detalhada. A pesquisa é realizada sobre um problema e necessita de levantamento bibliográfico.

Verificado que a pesquisa se encontra em um contexto de investigação, pode-se classificá-la como estudo de caso, tendo em vista o controle do teor de ferro do material beneficiado. Este consiste em um caso significativo e representativo, permitindo inferências sobre os resultados obtidos com a pesquisa. Todos os dados são obtidos por análises em laboratório a partir de coletas que são efetuadas no processo de beneficiamento.

Pode-se afirmar, então, que os dados mensurados pelo sistema de amostragem são importantes para o seguimento do estudo, dado que, a partir desses, são geradas informações representativas para que seja feita a avaliação. Os resultados divulgados permitirão o acompanhamento em tempo real do processo, abrindo, assim, espaço para intervenções necessárias ou a implementação de novos recursos.

### 2.1 O Processo de beneficiamento do minério

Luz; Sampaio; França (2010, p. 367) descrevem que a separação magnética no

processamento de minério de ferro é realizada em equipamentos de baixa intensidade para minerais ferromagnéticos; por exemplo, o tambor magnético de terras-raras (*wet drum rare earth* – WDRE) e de separação magnética de alta intensidade (*high intensity magnetic separation* – HIMS) para concentração de minérios paramagnéticos e remoção de impurezas como sílica, por exemplo, o concentrador magnético via úmido de alto campo magnético – tipo Jones (*wet high concentration* – WHC).

A usina de beneficiamento de minério de ferro da Arcelormittal é composta por duas plantas, sendo uma de britagem na qual se produz o *lump ore* (minério granulado) e a outra de concentração, onde é produzido o sinter feed. O processo produtivo que se inicia com a extração do *rom of mine* na mina, ocorrendo as etapas de perfuração, desmonte, carregamento e transporte; em seguida, esse minério *in natura* é beneficiado nas plantas de britagem e concentração, ocorrendo a transformação em produto final. A classificação por tamanho das partículas ocorre através de peneiras. As partículas nas faixas maiores que 6,3 mm e menores que 31 mm geram o produto *lump ore* que é usado em fornos de redução para a fabricação de ferro gusa. O material fino composto por partículas maiores que 0,8 mm tendem a se sedimentar dentro do tanque (*underflow*). As partículas menores que 0,8 mm, que não se sedimentam, saem por transbordo (*overflow*) alimentando o HIMS.

## 2.2 O controle estatístico do processo

O CEP tem como objetivo auxiliar na obtenção dos padrões especificados de qualidade e reduzir a variabilidade em torno dos padrões especificados (REIS, 2001). É uma técnica estatística que pode ser utilizada em qualquer processo produtivo, permitindo a redução sistemática da variabilidade das características da qualidade inerentes ao processo, contribuindo para a melhoria da qualidade intrínseca, produtividade, confiabilidade e custo do processo produtivo (RIBEIRO; CATEN, 1998)

## 2.3 Diagnóstico atual do processo

Após o processo de concentração no HIMS, o rejeito deve conter o menor teor de Fe possível, otimizando a recuperação mássica e metalúrgica. A gerência de beneficiamento estabeleceu que o rejeito deve conter um teor de Fe de no máximo 17%. Para analisar o teor de Fe presente do rejeito no HIMS foram retiradas 726 amostras periódicas, com  $n = 1$ , nos seis primeiros meses de 2016, GRÁFICO 1.

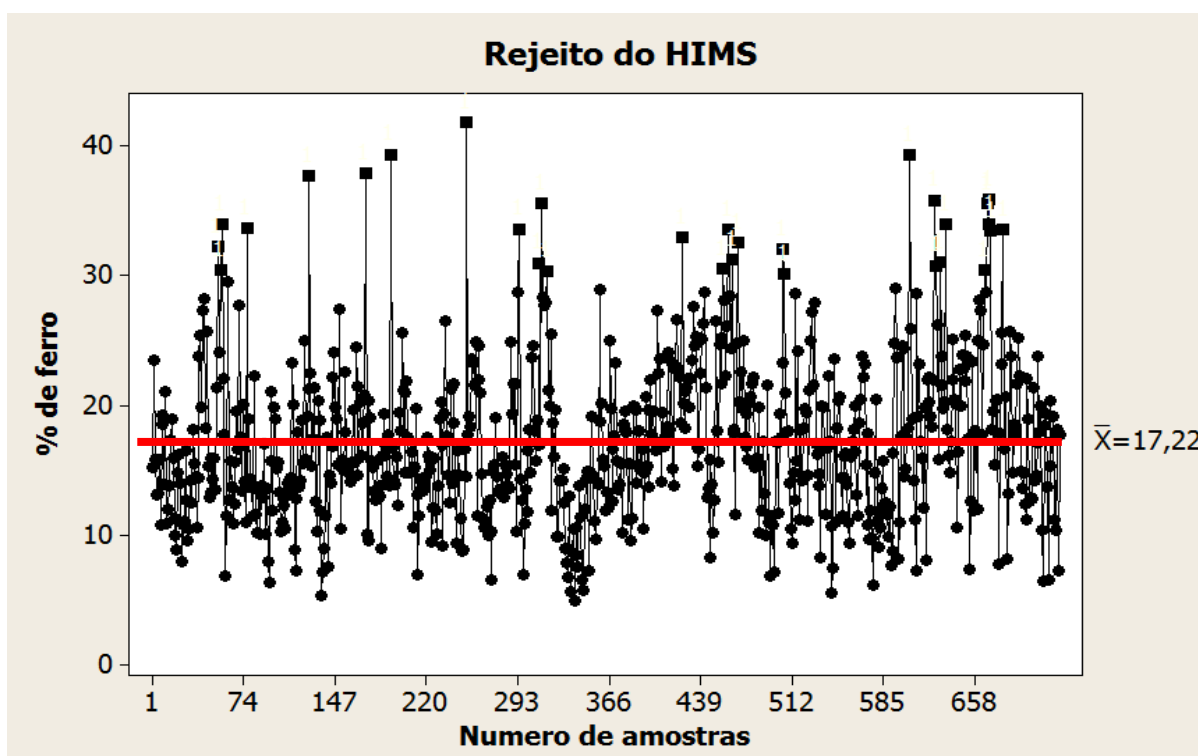


GRÁFICO 1 – Amostras do rejeito HIMS no período de janeiro a junho de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

Ao analisar os resultados do GRÁFICO 1, percebe-se que no primeiro semestre do ano de 2016 houve uma quantidade expressiva de amostras com o teor de ferro acima dos 17%, demonstrando uma variabilidade acentuada do processo em questão, chegando a resultados superiores a 30% de Fe. O resultado médio das amostras foi um teor com 17,22% de Fe, resultado elevado, considerando que o teor de Fe máximo permitido para esse equipamento é de 17,0%, conforme estabelecido pela gerência. Observa-se que o processo em questão está instável e que antes da implementação das cartas de controle é necessário intervir no processo, a fim de garantir estabilidade e menor variabilidade das medidas.

Utilizando as 726 amostras coletadas, verificou-se o índice de capacidade do processo do rejeito no HIMS, demonstrado no GRÁFICO 2.



## Índice de capacidade do processo HIMS

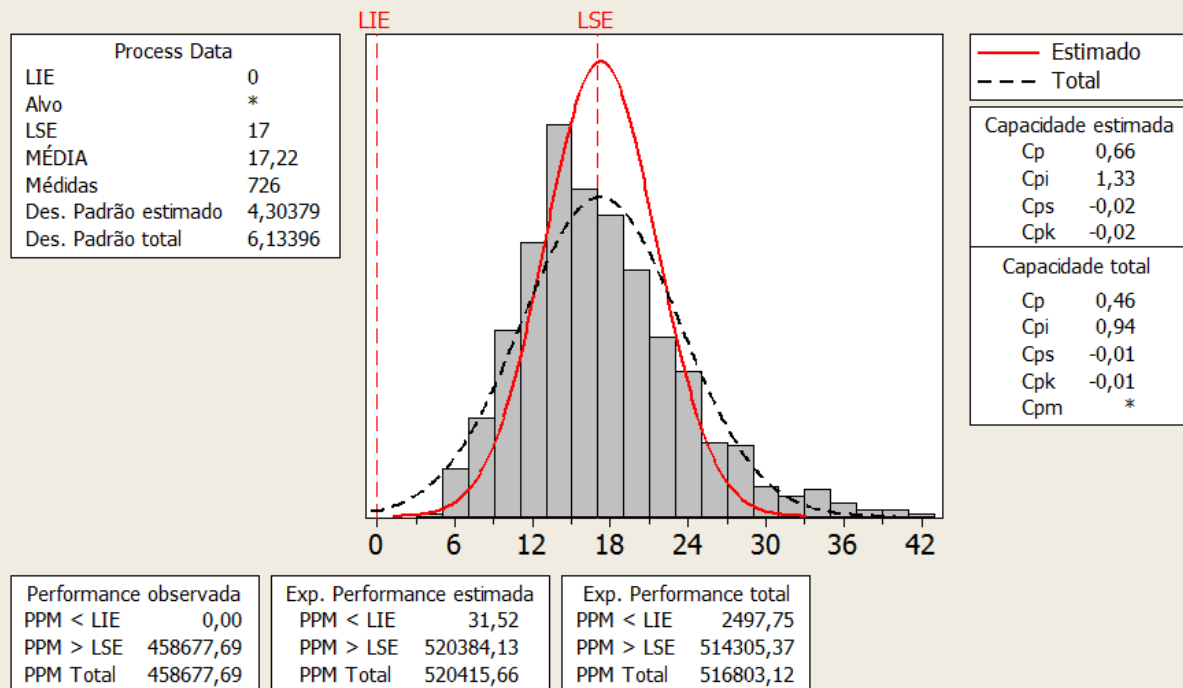


GRÁFICO 2 – Análise da capacidade do processo a partir das amostras do rejeito no HIMS no período de janeiro a julho de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

Analisando o GRÁFICO 2, observa-se que há muitos dados fora do limite superior de especificação de 17% estabelecido pela gerência, obtendo resultados elevados que atingem até 40% de teor de Fe. Deste modo, a média dos dados está deslocada para uma medida maior do que o próprio limite especificado, atingindo um valor de 17,22%.

O desvio padrão total de 6,13% demonstra uma acentuada dispersão do processo e, conseqüentemente, elevada variabilidade, reduzindo a capacidade do processo. Como se trata de um processo unilateral (apenas limite superior), o Cp não se aplica; utiliza-se como referência o valor do Cps = Cpk, que é de -0,01 %, demonstrando que o processo é totalmente incapaz, obtendo um ppm (partes por milhão) maior que 516803 de produtos defeituosos, ou seja, mais de 50% do rejeito no HIMS está com o teor de Fe acima de 17%.

Diante da elaboração e implantação do plano de ação, cujo objetivo é eliminar/reduzir a variabilidade do teor de Fe do rejeito no HIMS, houve uma melhora significativa dos resultados obtidos. As ações implantadas obtiveram efeitos eficazes; isso foi analisado com base na percepção dos empregados, na qual foi notória a evolução do desempenho da operação do equipamento, e confirmado através de coletas e análises de amostras periódicas.

Comparando o GRÁFICO 3 ao GRÁFICO 1, apresentado no diagnóstico antes das melhorias inseridas no processo observa-se que houve uma redução significativa da variabilidade do teor de Fe no rejeito no HIMS. As amostras coletadas, confrontadas com as do primeiro diagnóstico, estão com o teor de Fe mais próximos do alvo estabelecido pela gerência e com uma variabilidade menor do que a da coleta do GRÁFICO 1.



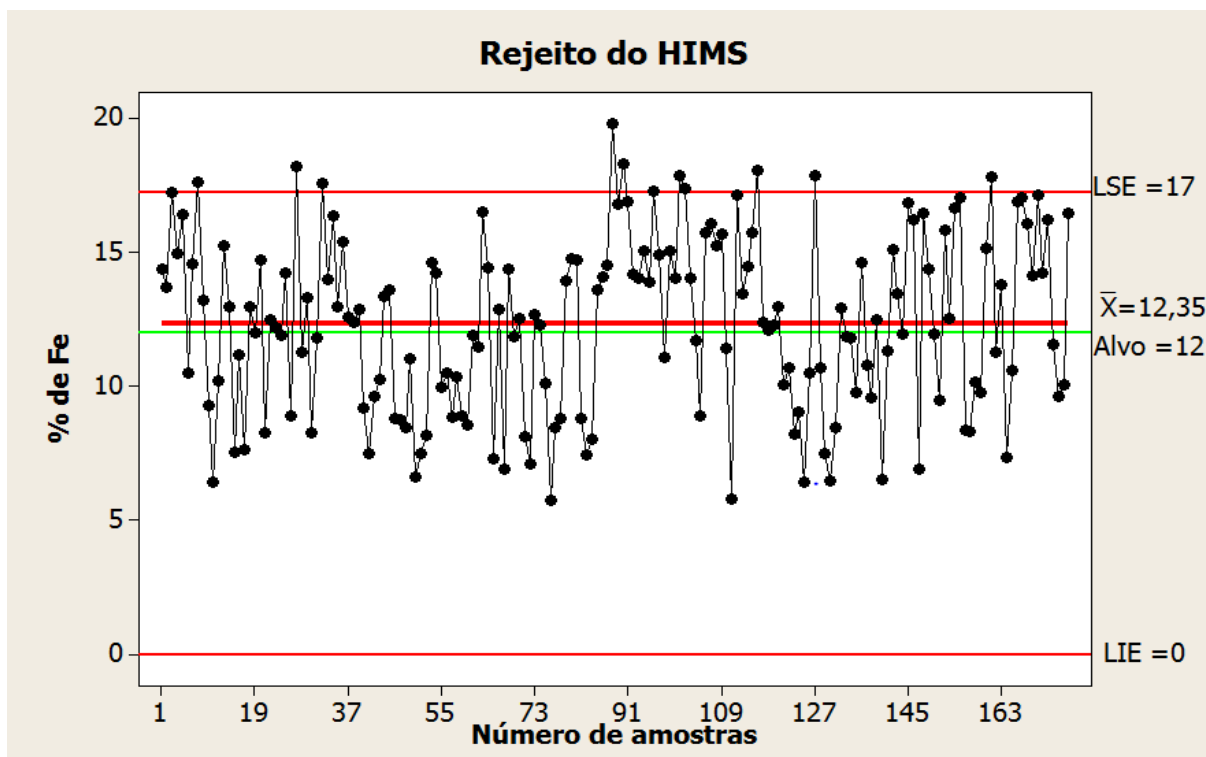


GRÁFICO 3 – Amostragem do rejeito HIMS no período de agosto 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

## 2.4 Identificando as principais causas da variabilidade do processo

Diante dos resultados descritos no item 2.3, foi realizado um *brainstorming* com a equipe do setor de beneficiamento com a finalidade de identificar as causas que estão interferindo na variabilidade do processo. Foram levantadas possíveis causas que influenciam diretamente no elevado teor de Fe presente no rejeito e priorizando as mais relevantes. Em seguida criou-se o diagrama de Ishikawa, apontando essas principais causas.

As principais causas validadas e permitiu a criação de um plano de ação para tratamento das causas influentes. As ações foram escalonadas de forma a atender à mitigação das causas de maior influência do processo produtivo.

Uma determinante favorável para a eficácia do plano de ação foram os critérios de apadrinhamento das ações (quem), no qual as ações delegadas estão de acordo com o cargo ocupado pelo responsável da mesma. Foi realizado um alinhamento a todos, esclarecendo os objetivos e principais ganhos com a implementação do projeto, FIGURA 1.



Projeto: Aumento da recuperação metalúrgica no HIMS mantendo a seletividade.										
Data da criação do plano:		01/06/2016	Responsável:	Elton Souza		Meta:	Teor de Fe máximo de 17% do rejeito no HIMS.			
Data da revisão do plano:		12/09/2016	Responsável:	Luan Dias		Indicador:	Teor de Fe.			
ITEM	O que	Como	Quem	Quando		Onde	Por que	hoje	N. Completo	Situação Atual
				Início	Fim					
1.	Melhorar pressão de água de lavagem das matrizes (ideal de 3,0 a 6,0 kgf/cm <sup>2</sup> )	Corrigir isométrico da Bp 13	Carlota	01/09/2016	30/09/2016	CM 1	Pressão de água de lavagem atual está inadequada (< 3,0 kgf/cm <sup>2</sup> )	100%	100%	●
2.	Realizar inspeções periódicas dos bicos de sprays de água de lavagem	Estabelecer e cumprir plano de revisão periódica	Hélio Roncaly	01/07/2016	31/07/2016	CM 1 e CM 2	Evitar ocorrências de entupimentos dos bicos de sprays de água de lavagem	100%	100%	●
3.	Realizar inspeções periódicas dos filtros de água de lavagem das matrizes	Estabelecer e cumprir plano de revisão periódica	Hélio Roncaly	01/07/2016	31/07/2016	CM 1 e CM 2	Evitar entupimentos e desgaste na tela do filtro	100%	100%	●
4.	Aumentar o percentual de sólidos na alimentação do HIMS	Instalar revestimento (polietileno) minimizando a aderência na calha.	Carlota	01/09/2016	30/12/2016	CM 1 e CM 2	Reduzir água na calha de alimentação do classificador espiral.	50%	0%	●
5.	Reduzir a quantidade de minerais ferromagnéticos na alimentação.	Adequar bacia de polpa do Sm 10.	Carlota	15/09/2016	30/12/2016	SM 10	WDRE SM 10 não está desempenhando a função adequada (formando leito)	60%	0%	●
6.	Melhorar os ajustes de controle operacional.	Treinar e educar todos os operadores.	Luan	01/10/2016	31/10/2016	CM 1 e CM 2	Ajuste de controle operacional inadequado	100%	100%	●

FIGURA 1 – Plano de ação para eliminação/redução da variabilidade do rejeito no HIMS. Fonte: Arcelormittal, 2016.

## 2.5 Construção das cartas de controle

Uma vez eliminadas as principais causas que afetam o processo e estabelecidas as medidas contra a reincidência de tais causas, pode-se iniciar a construção das cartas de controle. Para a construção destas foi estabelecida uma equipe, que passou por um treinamento para efetuar as coletas de amostras, a fim de não ocorrer erros durante o processo de amostragem. Os integrantes da equipe de amostragem foram treinados e acompanhados pelo supervisor de beneficiamento com o intuito de proporcionar maior exatidão aos dados gerados. Foram coletadas 44 amostras periódicas, na frequência de 30 a 30 minutos, durante o mês de agosto, em subgrupos com  $n = 4$ , totalizando 176 medidas. Essas amostras eram encaminhadas diariamente para a equipe técnica do laboratório para análises químicas.

O *software* Minitab gera a carta de controle das amplitudes juntamente com a carta de controle das médias para análise, como demonstra o GRÁFICO 4 e o GRÁFICO 5.

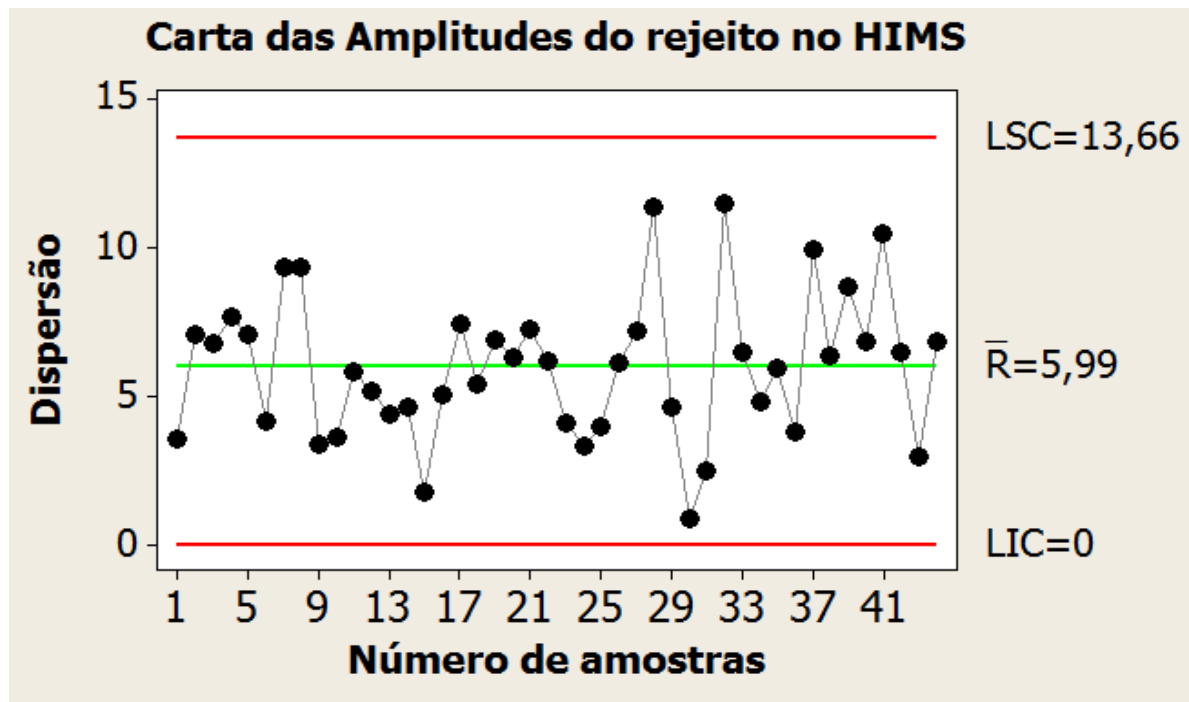


GRÁFICO 4 – Carta das amplitudes do teor de Fe do rejeito no HIMS durante o mês de agosto de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

Na carta das amplitudes verifica-se que não há ponto fora dos limites de controles estabelecidos e que a dispersão do processo, que é medida pela variabilidade dentro da amostra, encontra-se sob controle. Assim, aceita-se a hipótese de que o processo está sob controle estatístico para a carta das amplitudes. Deve-se prosseguir adiante com a construção da carta de controle das médias, demonstrada no GRÁFICO 5.

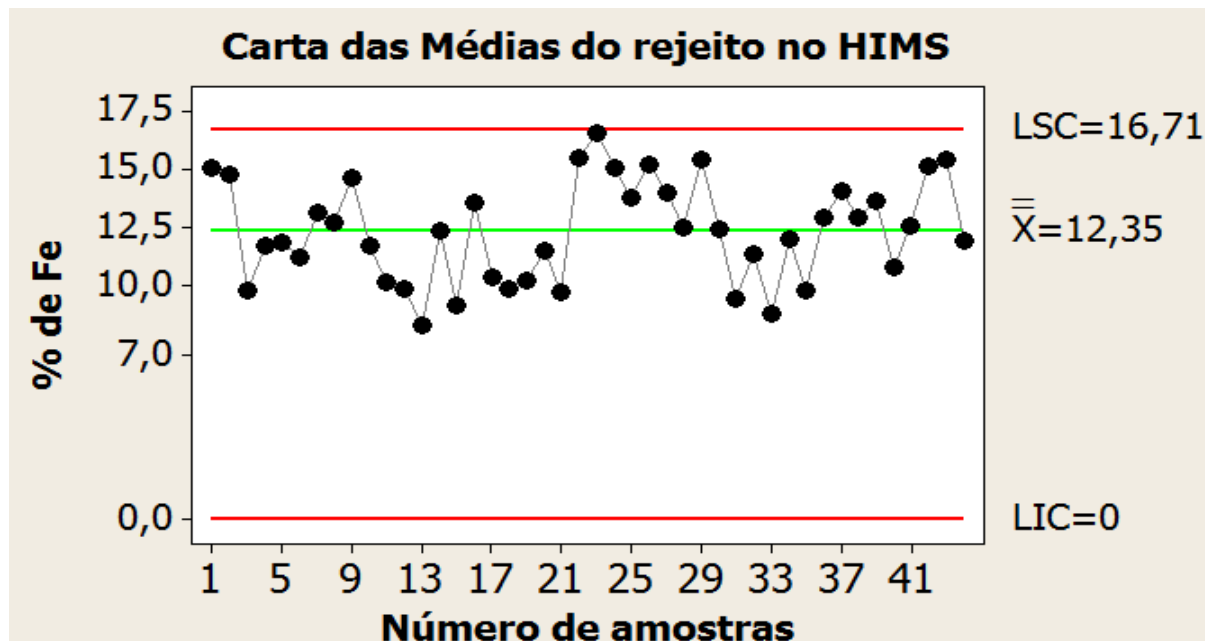


GRÁFICO 5 – Carta das médias do teor de Fe do rejeito no HIMS durante o mês de agosto de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.



Na carta das médias verifica-se também que não há existência de pontos fora dos limites de controle. Portanto, o processo está sob controle estatístico para a carta das médias, pois a média não está sendo afetada por causas especiais; dessa forma, aceita-se a hipótese de que o processo está sob controle estatístico para a carta das médias. Assim, o processo está sob controle estatístico para as cartas  $\bar{X}$  e R.

### 3. Resultados

Como o processo está sob controle estatístico para as cartas  $\bar{X}$  e R, os limites de controle tentativos são adotados como limites de controle do processo do rejeito no HIMS, a fim de que se inicie o controle *on-line* do mesmo por meio da marcação referente ao resultado das próximas amostras coletadas. É importante que o tamanho da amostra e a frequência da coleta sejam mantidos, para maior confiabilidade dos dados.

#### 3.1 Controle on-line do processo

Durante o mês de setembro foram coletadas amostras no HIMS cumprindo os mesmos procedimentos da amostragem que foram praticados na construção das cartas. Foram coletadas 29 amostras, com  $n = 4$ , totalizando 116 medidas. Os GRÁFICOS 6 e 7 demonstram esses dados plotados nas cartas das amplitudes e das médias, respectivamente.

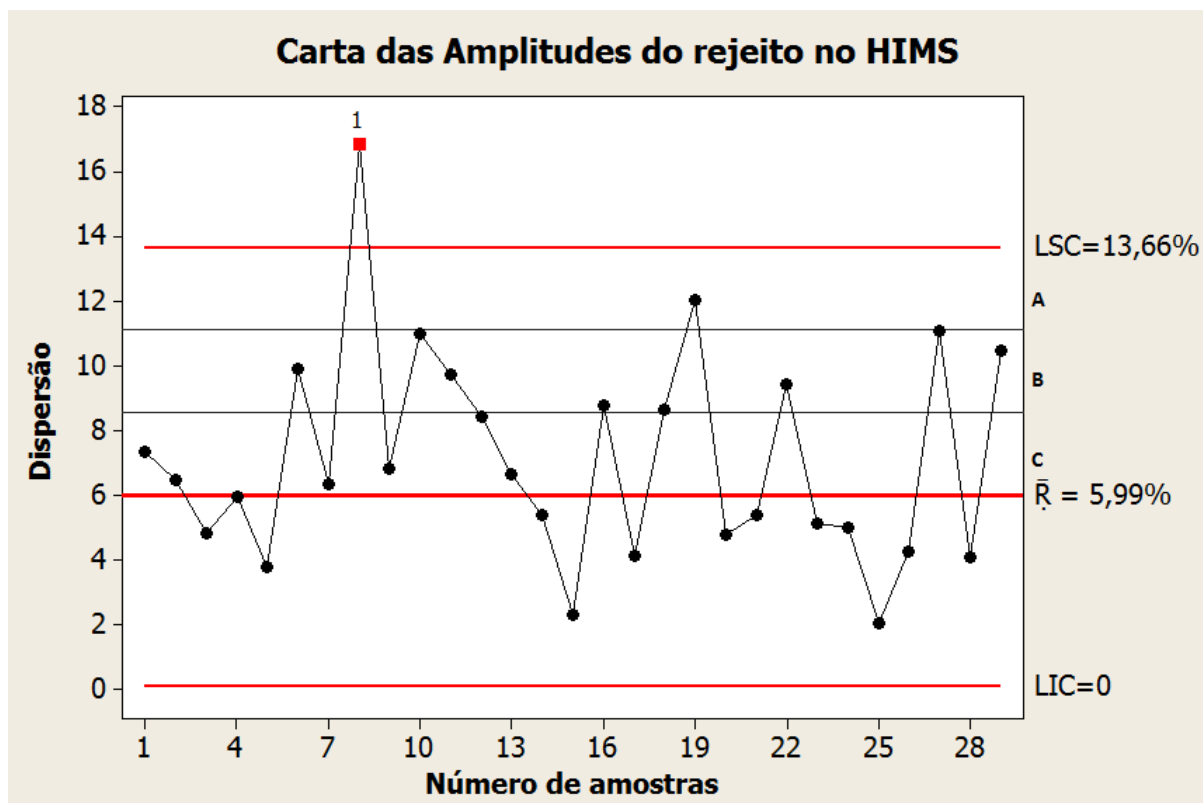


GRÁFICO 6 – Controle on-line do processo, utilizando a carta das amplitudes para monitoramento do teor de Fe do rejeito no HIMS setembro de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

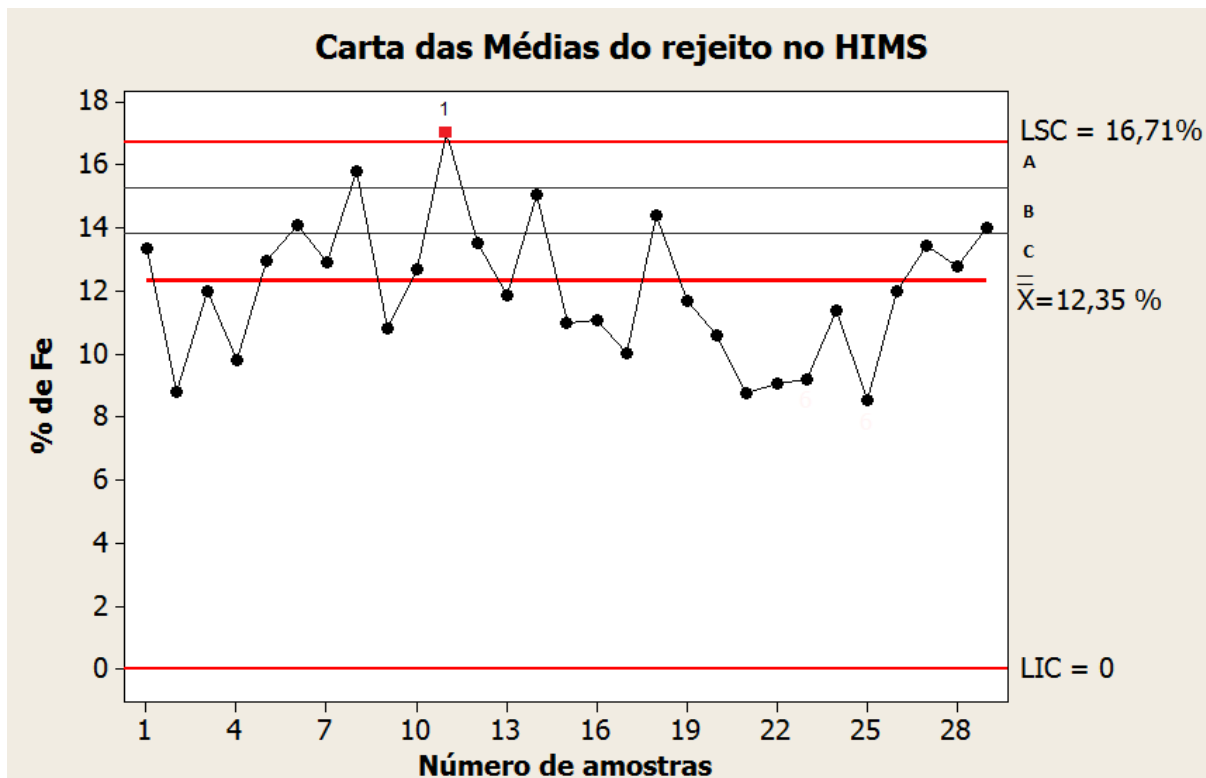


GRÁFICO 7 – Controle *on-line* do processo, utilizando a carta das médias para monitoramento do teor de Fe do rejeito no HIMS setembro de 2016. Fonte: Arcelormittal, 2016.

Pode-se perceber nos GRÁFICOS 6 e 7 que o processo durante o mês de setembro obteve um bom desempenho, estando, assim, quase todos os pontos dentro dos limites de controle estabelecidos e obedecendo as regras de decisão que foram determinadas.

Observa-se que ambos os gráficos obtiveram pontos fora dos limites de controle: a oitava amostra no GRÁFICO 6 e a décima primeira no GRÁFICO 7. Esses resultados indesejados não eram esperados, pois, acompanhando as cartas de controle, nota-se, para a carta das amplitudes, que os dois pontos anteriores ao ponto fora do limite superior de controle se encontram em declínio na direção da zona B para C; para a carta das médias, os dois pontos anteriores ao ponto fora do limite superior de controle se encontram abaixo da linha média e na zona C, respectivamente. Esses eventos inesperados foram decorrentes de uma manutenção corretiva no sistema de abastecimento de água devido a um vazamento na linha principal de alimentação do reservatório da usina.

### 3.2 Estudo de capacidade do processo

O fato de um processo estar sob controle estatístico e com distribuição normal não significa necessariamente que não esteja produzindo itens defeituosos. O estudo da capacidade de processo permite concluir se o processo é capaz de atender ou não à quantidade de itens defeituosos, ou seja, teores de Fe do rejeito no HIMS acima de 17%, valor que foi determinado pela gerência de beneficiamento. A capacidade do processo só pode ser estimada quando este está sobre controle estatístico, ou seja, tem comportamento previsível caracterizado por uma distribuição normal. O GRÁFICO 8 demonstra a capacidade do processo do teor de Fe do rejeito no HIMS dos meses de agosto e setembro de 2016.



### Índice da capacidade do processo (Rejeito HIMS)

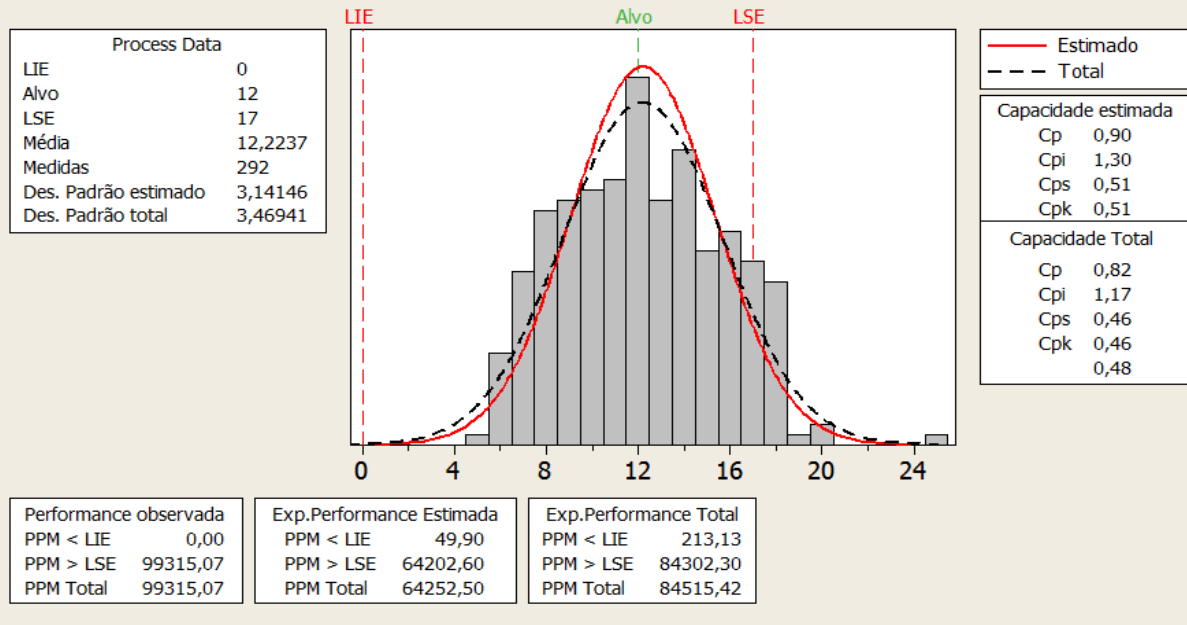


GRÁFICO 8 – Capacidade do processo referente ao teor de Fe do rejeito no HIMS nos meses agosto e setembro de 2016. Fonte: Arcelormittal 2016.

Analisando o GRÁFICO 8, observa-se que alguns dados ainda se encontram fora do limite superior de especificação de 17% estabelecido pela gerência, obtendo resultados elevados que atingem acima de 17% de teor de Fe; também se percebe vários valores distantes do alvo.

O desvio padrão total de 3,47% demonstra uma acentuada dispersão do processo e, conseqüentemente, elevada variabilidade, reduzindo a capacidade do processo. Como se trata de um processo unilateral (apenas limite superior), o Cp não se aplica; utiliza-se como referência o valor do Cps e Cpk, que é de 0,46 %, demonstrando que o processo é totalmente incapaz, obtendo um ppm (partes por milhão) maior que 84515 de produtos defeituosos, ou seja, 8,45% do rejeito no HIMS está com o teor de Fe acima de 17%.

Apesar do estudo da capacidade do processo atual ter demonstrado ser incapaz, ou seja,  $Cpk < 1$ , nota-se uma melhora significativa quando comparado à análise da capacidade de processo antes da implantação das ações de melhorias. Em conversa com a gerência de beneficiamento para elevar a capacidade do processo atual, serão necessários investimentos de alto custo, porém isto se torna inviável devido à relação custo versus benefício. Todavia, os resultados alcançados trouxeram redução de perdas financeiras e, conseqüentemente, rentabilidade à empresa.

#### 4 Conclusão

O projeto desenvolvido numa mineradora consiste em reduzir a variabilidade do teor de Fe do rejeito do separador magnético de alta intensidade, utilizando técnicas de CEP para maximizar a recuperação do *pellet feed* e reduzir despesas com a disposição de rejeitos.

O objetivo proposto é obter um teor de Fe do rejeito no HIMS de, no máximo, 17%, valor este estabelecido pela gerência. O objetivo não foi cumprido na íntegra, sendo que, mesmo

após a implantação do projeto, alguns valores ainda se encontraram acima do limite estabelecido. Todavia, o projeto obteve redução significativa do teor de Fe do rejeito no HIMS quando comparado a resultados anteriores.

Primeiramente, foi realizada uma avaliação do diagnóstico do processo no HIMS, destacando-se o teor de Fe no rejeito. Por meio de dados coletados, um gráfico de linha demonstrou uma variabilidade acentuada, obtendo uma média de 17,22% de teor de Fe no rejeito. O estudo de capacidade do processo obteve um desvio padrão total de 6,13% e um Cps = Cpk de -0,02%, demonstrando que o processo é totalmente incapaz, obtendo um ppm (partes por milhão) maior que 516803 de produtos defeituosos, ou seja, mais que 50% do rejeito no HIMS estava com o teor de Fe acima de 17%.

Diante da implantação das melhorias estabelecidas através de um plano de ação, foram eliminadas/reduzidas as causas da variabilidade do processo. Uma segunda avaliação foi realizada, na qual foram estabelecidas as cartas de controle; após estas estarem estruturadas, iniciou-se o controle on-line do processo. Um novo estudo de capacidade de processo foi realizado e obteve-se um desvio padrão médio de 3,47% e um Cps = Cpk de 0,46%, alcançando, assim, um ppm de 84515 de produtos defeituosos.

Logo, pode-se analisar que a variabilidade do teor de Fe do rejeito no HIMS obteve uma diferença significativa quando comparados os dois momentos avaliados: antes e depois das ações implantadas. A média do processo foi deslocada em direção ao alvo de 12%, estabelecido pela gerência, permitindo ao processo, assim, uma redução dos valores que estavam acima dos 17%.

O volume de rejeito gerado no HIMS inicialmente de 36000 toneladas por mês foi reduzido após implantação do projeto para 31000 toneladas. Isso resultou em uma redução aproximada de U\$ 122,000.00 por mês, além de reduzir gastos com movimentação dos rejeitos que são dispostos em cavas, mitigando o passivo ambiental da empresa.

Contudo, são louváveis os resultados alcançados com a implantação do projeto. O aprendizado adquirido pelos alunos não se limita apenas ao setor de beneficiamento de minério de ferro, mas também a todos os outros que aplicam controles e ferramentas estatísticas na gestão e fabricação de seus produtos. Pode-se dizer que o sucesso do controle estatístico de processos depende de vários fatores, destacando-se o apoio total da gerência, treinamento, desenvolvimento do quadro de funcionários, comprometimento das pessoas envolvidas nos processos e, principalmente, a tomada de ações corretivas na ocorrência de causas especiais.

## Referências

- ARCELORMITTAL. *Pasta de beneficiamento*. Itatiaiuçu, Minas Gerais, 2016.
- GARVIN, D. A. *Competing on the Eight Dimensions of Quality*. Harvard Business Review, p.101- 109, November - December, 1987.
- LUZ, Adão Benvindo da; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. *Tratamento de minérios*. Rio de Janeiro; CETEM/MCT, 2010, 965 p.
- REIS, M. M. *Um modelo para o ensino do controle estatístico da qualidade*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC).
- RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, Carla ten. *Controle Integrado de atributos*. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1998, UFF, Niterói, RJ. Disponível em : [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004\\_Enegep0202\\_2099.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0202_2099.pdf).



## Aumento de produtividade em uma linha de difusores de ar utilizando a metodologia WCM

Frank Gomes Bernardes<sup>1</sup>

Michael Sander Costa Sousa<sup>2</sup>

Yasmim Reis de Resende<sup>3</sup>

Alecir Silva<sup>4</sup>

**Resumo:** A partir das constatações sobre o elevado índice de atividades que não agregam valor em uma linha de produção numa indústria de autopeças, considerou-se esse o primeiro ponto para o desenvolvimento do trabalho de aumento de produtividade. Esta linha é denominada linha de montagem dos difusores de ar – PM003. As atividades que não agregam valor ao produto representavam inicialmente 67% do tempo de montagem do produto e atreladas ao desbalanceamento da linha traziam prejuízos à produtividade, que inicialmente era de 24,26 peças/hora x homem, acarretando em não atendimento ao *takt time*. Este trabalho foi realizado sobre a base da metodologia *world class manufacturing* que possibilitou a identificação das causas da baixa produtividade da linha. Como objetivos, foram definidos o aumento da produtividade da linha em 50%, e redução de 20% das atividades que não agregam valor ao produto. Destaca-se a utilização do método *muri, mura e muda* para análise das causas e identificação dos desperdícios no processo. Ao final do trabalho é possível verificar a importância da padronização das tarefas, aumento de 82,19% da produtividade e redução de 32,84% das atividades que não agregam valor ao produto.

**Palavras-chave:** Produtividade. Desperdício. Balanceamento.

1. Engenheiro de produção, UI, frankqgb@gmail.com.

2. Engenheiro de Produção, UI, michaelsander95@gmail.com.

3. Engenheira de Produção, UI, yasmimresender@hotmail.com.

4. Engenheiro Mecânico, Especialista em Gerência e Tecnologia da Qualidade, UI, alecir09@gmail.com

### 1. Introdução

O contexto pós-industrialista, vivido pelas empresas, se dá em um cenário de competitividade acirrada que desencadeia a busca pelo aumento constante do lucro. Também, o setor automobilístico é marcado pela exigência de qualidade, obrigando a toda organização que deseja sucesso e estabilidade a manter ou superar o padrão da concorrência. Assim, as organizações buscam estratégias cada vez mais eficientes para a redução dos custos e melhoria do desempenho, estabelecendo mudanças em diversas áreas por emprego de modelos estruturados de gestão, principalmente em relação aos processos produtivos e a organização do trabalho.

Este estudo de caso apresenta análises e propostas de melhoria na organização e padronização do trabalho na linha de montagem de difusores de ar 327 de uma empresa do setor automobilístico do segmento de injeção de termoplásticos. Os objetivos traçados são a





redução do índice de atividades de valor não agregado (NVAA – *not value added activities*) e o aumento da produtividade, visando o atendimento ao *takt time*. Tais propósitos podem provocar na organização a otimização do processo produtivo, melhorando o nível de atendimento ao cliente e minimizando os desperdícios.

O trabalho desenvolvido inclui o diagnóstico do processo, registrando detalhadamente diversas informações que, posteriormente foram trabalhadas a fim de identificar os principais problemas ocorridos na linha e, por último, propor soluções para minimizá-los ou eliminá-los. Todas estas ações englobam a implementação de parte da metodologia WCM (*world class manufacturing* – manufatura de classe mundial), envolvendo os pilares *cost deployment* (CD – desdobramento de custos), *workplace organization* (WO – organização do posto de trabalho), *logistic* (L – logística) e *focused improvement* (FI – melhoria focada).

## 2. Metodologia

Ao se estruturar um projeto, faz-se necessária a utilização de um método apropriado, somente assim é possível dar prosseguimento e concluí-lo com êxito. O método de pesquisa escolhido é classificado quanto à sua natureza, abordagem, objetivos, procedimentos e local de realização.

Do ponto de vista de sua natureza, classificou-se a pesquisa utilizada como “aplicada”, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos (RUIZ, 1996), ou seja, através das informações obtidas e conhecimento gerado sobre a linha de montagem PM-003 foi possível determinar e planejar formas de reduzir os problemas de NVAA e produtividade. Quanto à abordagem, é classificada como “quantitativa”, uma vez que o impulso inicial e todos os trabalhos em suma, são calculados. Conforme já é sabido, 67,00% das atividades de linha de montagem PM-003 foram classificadas como sem valor agregado.

No que se refere aos objetivos, esta metodologia é classificada como “exploratória”, pois trata-se de um estudo de caso em que há necessidade de aprofundar as hipóteses e encontrar as reais causas da ocorrência da baixa produtividade da linha de montagem PM-003. O procedimento de pesquisa é definido como “estudo de caso”, uma vez que consiste na identificação do problema de alto índice de NVAA e baixa produtividade através de estudo aprofundado e exaustivo de maneira a permitir a melhoria do processo e a eliminação de desperdícios, além do conhecimento disseminado a toda equipe participante do processo.

Foram utilizadas técnicas de observação sistemática, com o auxílio de equipamentos para efetuar medições de tempo, entre outros. As pesquisas e os estudos foram realizados na linha de montagem de difusores de ar de uma indústria do segmento de injeção e montagem de termoplásticos localizada na cidade de Mateus Leme, Minas Gerais, durante 6 meses, entre agosto de 2016 e maio de 2017. Os dados foram levantados a partir de cronometragens, observações *in loco* e consulta à documentação da empresa como relatórios de produção, instruções de trabalho e diagrama de fluxo. O trabalho com estes dados foi feito através de análise e interpretação dos conteúdos.

O trabalho foi desenvolvido baseado na metodologia WCM e utilizando diversas ferramentas e metodologias, como *Major Kaizen*, *Muri/Mura/ Muda*, gráfico de Pareto, estudos de tempos e movimentos, gráfico de Yamazumi e *Gemba, Gembutsu, Genjitsu, Genri, Gensoku* (5G).



## 2.1 World class manufacturing - WCM

Segundo Yamashina (2011), é um conjunto de conceitos, de princípios e de técnicas para a gestão dos processos operativos de uma empresa e visa redução de custos e aperfeiçoamento da logística, qualidade, manutenção e produtividade para níveis de classe mundial, através de um conjunto estruturado de métodos e ferramentas.

O pilar *cost deployment* (CD – desdobramento de custos) consiste em identificar os desperdícios e as perdas das áreas em exame, avaliar e transformar as perdas em custos, quantificando-os em valores. Os desperdícios e as perdas são provenientes de máquinas, pessoas e materiais durante o processo de produção (YAMASHINA, 2011).

O direcionamento para combater grandes perdas do *cost deployment* é objetivo do pilar *focused improvement* (FI – melhoria focada), focado na solução de temas específicos e identificáveis, aplicando técnicas, instrumentos e métodos específicos.

*Workplace organization* (WO – organização do posto de trabalho): objetivo deste pilar é criar padrão do local de trabalho que assegure o bem-estar e a segurança das pessoas, a qualidade das funções executadas e a máxima produtividade. Através do envolvimento dos operários e aplicação de métodos e técnicas mais apropriados pretende-se otimizar a movimentação dos materiais, a ergonomia e segurança, a qualidade do produto, a agilidade e a produtividade do processo com a eliminação das atividades que causem desperdício ou não agreguem valor e das atividades irregulares (YAMASHINA, 2011).

No pilar *logistic* (L – logística) pretende-se criar fluxo produtivo contínuo, reduzindo a superprodução e os estoques e, por último, reduzindo a movimentação e manipulação dos materiais, pois movimentações repetidas e desnecessárias aumentam o custo (YAMASHINA, 2011).

Através dos passos de cada pilar e utilizando das ferramentas propostas foi possível alcançar os resultados pretendidos.

## 2.2 Descrição do Processo

Para melhor conhecimento do processo de montagem dos difusores de ar, foi realizado um mapeamento de cada uma das seis operações, buscando definir qual passo do processo é executado em cada operação, FIGURA 1.

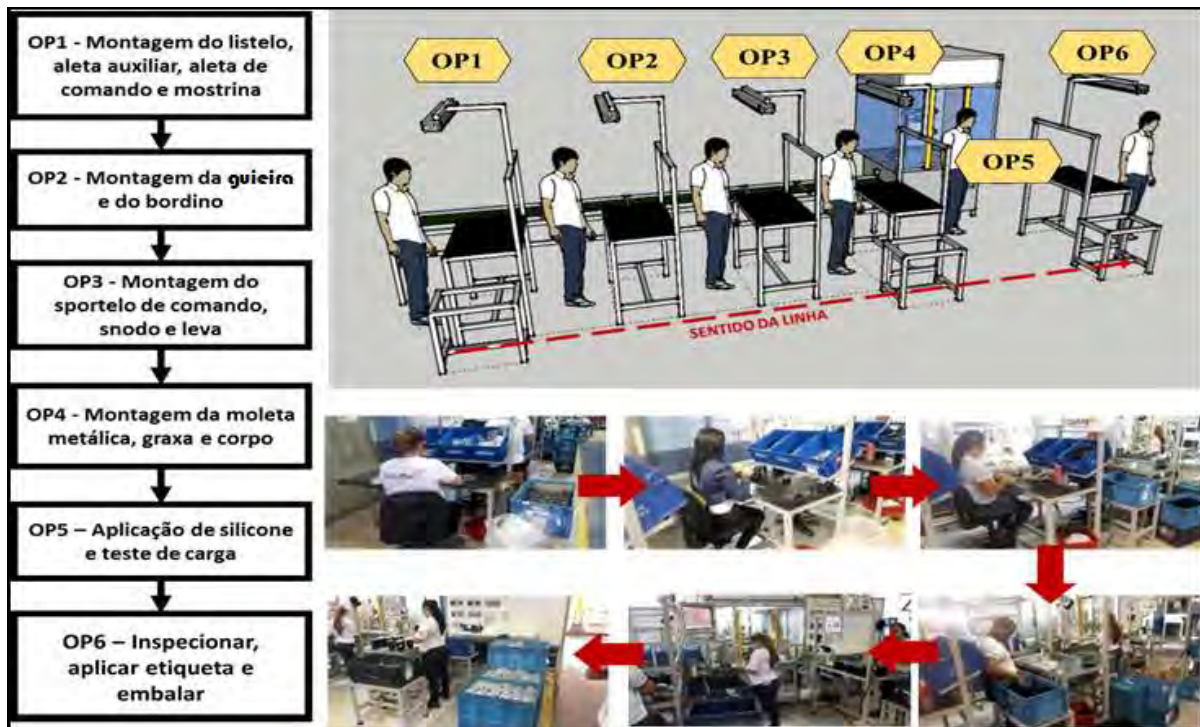


FIGURA 1 - Fluxograma de montagem dos difusores de ar no PM – 003. Fonte: Autoplas (2016).

A linha de montagem PM-003 é composta de 6 operações, sendo cinco bancadas de trabalho que realizam o trabalho conforme a FIGURA 1 e um dispositivo que realiza teste de carga no conjunto montado. O transporte entre as operações é realizado através de uma esteira que contém divisórias para não permitir que a peça se desloque por duas ou mais operações sem que haja montagem da operação anterior.

### 2.3 Descrição do Problema

Utilizou-se a metodologia 5G – *gemba, gembutsu, genjitsu, genri e gensoku* – para análise do problema e a partir dos pontos levantados e observados foram relacionados alguns itens que afetam diretamente no alto índice de NVAA e por consequência levam à baixa produtividade da linha de montagem PM-003, como:

- grande parte das operações de montagem não agregam valor ao produto;
- desbalanceamento entre as operações, causando tempo de espera elevado;
- acúmulo de peças na linha por montagem em “lotes”;
- operações sem padronização;
- atividades desnecessárias ou repetidas ao longo do processo de montagem.

Para descrever o problema foi utilizada a ferramenta 5W1H que, através das respostas aos questionamentos, possibilitou visão ampla do problema. No QUADRO 1 estão as respostas aos questionamentos da ferramenta 5W1H.



O quê? (What)	Alto índice de NVAA gerando perda de produtividade no PM-003, durante todo o processo produtivo.
Quando? (When)	O problema ocorre durante as atividades de montagem das 6 etapas do processo da linha e com maior perda durante o abastecimento das 4 primeiras etapas.
Onde? (Where)	Na célula de injeção CI-01, linha de montagem PM-003 (bochetas). Perdas de movimento identificados em todas as operações de produção.
Quem? (Who)	As etapas de montagem são realizadas pelos operadores de montagem. São 6 operadores, a maior parte da produção é no primeiro turno, mas é comum acontecer a necessidade de montar a peça no 2º turno também.
Qual? (Which)	É um problema crônico que acontece em todas as produções no PM-003. Nota-se que os tempos de produção e o desnívelamento da linha piora quando as peças são montadas gerando pequenos grupos nas operações. O problema é maior também em operações onde o operador precisa se ausentar com maior frequência para buscar componentes.
Como? (How)	Através dos indicadores de produtividade e de NVAA do posto. Além disso o descompasso e despadroneização da linha é visível quando acompanhada por certo período.
Problema reescrito: Baixa produtividade na linha PM-003, na CI-01 devido movimentação excessiva (NVAA), despadroneização e descompasso nas 6 operações de montagem da linha em ambos os turnos. Problema crônico observado principalmente nas ocasiões de abastecimento da linha pelos operadores e quando as peças são montadas em pequenos lotes nas operações.	

QUADRO 1 - Descrição do problema através da ferramenta 5W1H na linha PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

## 2.4 Análise das causas

Para análise das causas do problema foi utilizada a metodologia *muri*, *mura* e *muda*.

*Muri* é uma ferramenta utilizada para análise e classificação ergonômica das atividades exercidas em um posto de trabalho que visa reduzir as atividades de nível 2 (moderado) e 3 (grave). A análise de *muri* não evidenciou nenhuma causa relacionada ao problema.

A análise de *mura* permite encontrar possíveis desbalanceamentos e variações entre atividades comparando o tempo de ciclo. Esta análise *mura* evidenciou como causa da baixa produtividade na PM-003 o alto índice de NVAA para retirar e descartar o saco plástico das *alettas* e dos *bordinos*.

O foco de *muda* está na descoberta de desperdícios, identificando e analisando as atividades de valor não agregado: observando e registrando os movimentos, analisando os movimentos e identificando as operações por valor agregado e sem valor agregado. A análise *muda* evidenciou-se o gargalo existente nas operações 2 e 4, que excedem ao tempo *takt*, e também a necessidade dos operadores ausentarem da linha para buscar componentes.

Para investigação de causa raiz empregou-se a ferramenta “5 Porquês”, conforme o QUADRO 2.



Modo de falha	1º por quê?	2º por quê?	3º por quê?	4º por quê?	5º por quê?
Alto NVAA para retirar e descartar o saco plástico das aletas e do bordino	porque o operador precisa retirar os componentes de sacos plásticos para dar continuidade à operação	porque os componentes vem em saco plástico	porque o fornecedor envia em saco plástico	porque no desenvolvimento do produto foi prevista a utilização do saco plástico	
Gargalo na operação 2 e 4	porque está acumulando peças nas operações 2 e 4	porque os operadores 2 e 4 estão saturados	porque a linha PM-003 está desbalanceada	porque houve falha no projeto inicial	porque não foi realizado estudo de balanceamento de linha no desenvolvimento inicial
Ausentar-se da linha para buscar componentes	porque o operador precisa se ausentar da linha	porque quando acabam os componentes o operador tem que buscá-los no supermercado na área externa da célula	porque é o próprio operador que abastece o gravitacional e a linha	porque não existe abastecedor na linha PM-003	

QUADRO 2 - Análise de causa raiz dos três modos de falhas encontrados pelo estudo de *muri*, *mura* e *muda* na PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

### 3. Resultados

Após estudo sobre as causas relacionadas ao problema, foram estabelecidas ações que geraram os resultados descritos neste tópico. Depois de finalizado o projeto, passou de 67,00% para 45,00%, resultando em redução de 32,84% do índice do NVAA, conforme a FIGURA 2.



## Estudo de NVAA



Atividade - OPERAÇÃO 01	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Aleta de Comando posicionar na bancada (uma peça)	0,78	NVAA
Pegar Listello	1,20	NVAA
Pegar faquinha e Listello posicionando para a fixação	0,95	NVAA
Fixar Listello (1) na aleta de comando (1)	1,80	VAA
Pegar Aleta Auxiliar	0,87	NVAA
Montar listello na aleta auxiliar	1,68	VAA
Pegar mostrina	0,88	NVAA
Pegar conjunto pré montado (aletas + listello)	0,47	NVAA
Montar conjunto pré montado na mostrina	0,94	VAA
Pegar Bordino	0,65	NVAA
Montar Bordino na Mostrina	4,83	VAA
Posicionar peça montada na esteira	0,50	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 02	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Leva de Comando	0,98	NVAA
Pegar Snoodo e pré encaixar na Leva	1,02	NVAA
Pegar Alicate	0,70	NVAA
Cravar a leva no snodo com auxílio de alicate	2,01	VAA
Colocar alicate e conjunto pré montado na bancada	0,85	NVAA
Pegar Guieira e conjunto da etapa anterior na esteira	1,01	NVAA
Montar Guieira no conjunto	3,95	VAA
Pegar Conjunto na bancada	0,76	NVAA
Montar conjunto na Mostrina	2,47	VAA
Colocar conjunto na esteira	0,82	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 03	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar Corpo	0,74	NVAA
Pegar a mola metálica	0,82	NVAA
Montar a mola metálica no corpo	1,05	VAA
Pegar pincel com graxa siliconada	0,80	NVAA
Aplicar a graxa siliconada na mola metálica	0,74	VAA
Recolocar pincel no local	0,84	NVAA
Pegar conjunto da etapa anterior na esteira	0,92	NVAA
Pegar Sportello	0,89	NVAA
Montar Sportello no conjunto	3,75	VAA
Montar conjunto no Corpo	3,05	VAA
Testar movimento da bochetta	0,87	NVAA
Posicionar peça na esteira	0,60	NVAA
Atividade - OPERAÇÃO 04	Duração (s)	VAA/NVAA/DES
Pegar etiqueta	0,85	NVAA
Pegar peça na esteira	0,91	NVAA
Colar etiqueta na peça	1,40	VAA
Pegar lata spray de silicone	0,72	NVAA
Aplicar silicone na peça montada	1,51	VAA
Colocar silicone de volta no suporte	0,98	NVAA
Realizar testes de movimentação na peça montada	1,12	NVAA
Encaixar peça no dispositivo de teste	1,51	VAA
Acionar o dispositivo de teste (botão vermelho)	1,12	VAA
Retirar a peça do dispositivo	0,72	NVAA
Pegar marcador industrial	0,61	NVAA
Marcar a peça	1,22	VAA
Colocar marcador de volta	0,78	NVAA
Colocar peça na caixa	1,14	NVAA

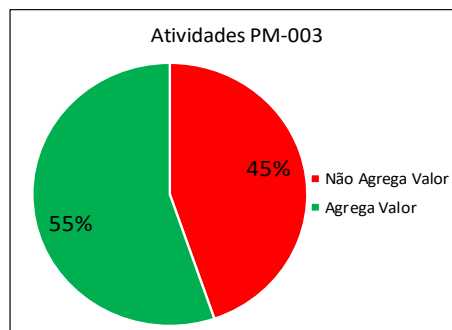


FIGURA 2 - Estudo de NVAA após rebalanceamento da PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

Após a implantação das ações propostas, uma nova análise da produtividade foi realizada, TABELA 1.



TABELA 1- Acompanhamento de produtividade 2016 – PM-003

	ANTES DO PROJETO									APÓS PROJETO		
	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16
Nº Operadores	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4
Horas / Mês	298,64	192,95	134,63	115,25	98,65	104,63	72,55	89,7	103,95	84,2	96,45	65
Quantidade de Peças Produzidas	49159,00	29319,00	20173,00	14820,00	13744,00	12981,00	9890,00	11340,00	14876,00	14026	17522	11890
Produtividade (pcs / horas homem)	27,43	25,33	24,97	21,43	23,22	20,68	22,72	21,07	23,85	41,64	45,42	45,73
Média Período (pcs / horas homem)	24,26									44,21		

Fonte: Autoplas (2016).

Conforme apresentado na TABELA 1, a produtividade média, nos meses subsequentes à finalização do trabalho, passou de 24,26 para 44,21 peças / horas x homem, atingindo 82,19% de aumento da produtividade da linha. O aumento da produtividade é ainda acompanhado da redução dos dois operadores na linha PM-003.

Ainda apresentando os dados de produtividade, o GRÁFICO 1 representa a relação entre o aumento da produtividade e a quantidade de horas / mês.

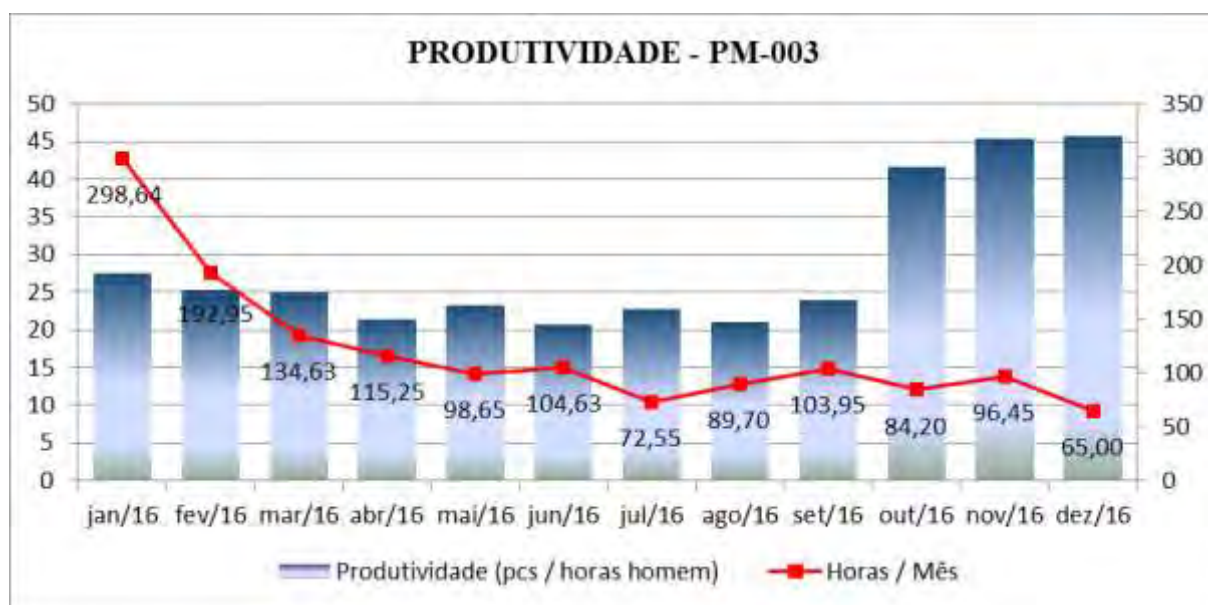


GRÁFICO 1 - Produtividade da linha PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

Conforme observado, a redução do índice de NVAA foi de 32,84%, e a produtividade aumentou em 82,19%.

Além da melhoria dos resultados de produtividade, ressalta-se a melhoria no aspecto visual do ambiente, conforme a FIGURA 3.



FIGURA 3 - Linha de montagem PM-003 antes e depois da realização do projeto. Fonte: Autoplas (2016).

#### 4. Discussão

A produtividade na linha de montagem PM-003 foi medida com a utilização do indicador peças / hora x homem. No início do projeto a produtividade média da linha era de 24,26 peças / hora x homem. Como objetivo, esperava-se um aumento de 50% na produtividade, alcançando a marca de 35,12 peças / hora x homem no final do projeto. Realizadas as adequações na linha de montagem, no final do projeto, a produtividade média, nos meses subsequentes à finalização do *major kaizen*, passou de 24,26 para 44,21 peças / horas x homem, atingindo 82,19% de aumento da produtividade da linha. Esses dados são apresentados no GRÁFICO 2.

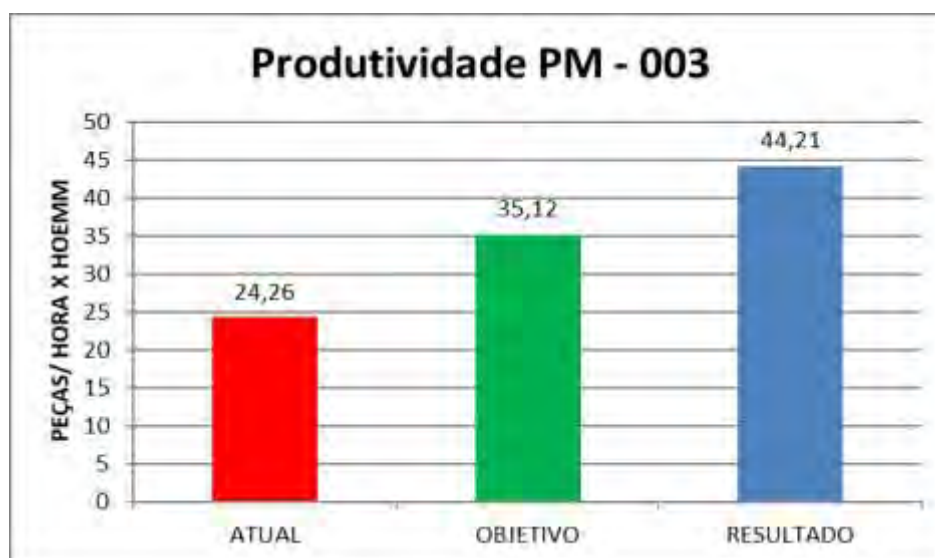


GRÁFICO 2 - Comparação objetivo e resultado anterior e atual de produtividade. Fonte: Autoplas (2016).

Conforme apresentado anteriormente, o NVAA presente na linha de montagem PM-003 era de 67,00%, sendo este um percentual elevado e que gerava grande perda para empresa e impactos negativos à produtividade. Assim, definiu-se também como objetivo do projeto a



redução de 20% no percentual de NVAA, passando de 67,00% para 53,60% E após a finalização do projeto passou de 67,00% para 45,00%, resultando em redução de 32,84% do índice do NVAA, GRÁFICO 3.

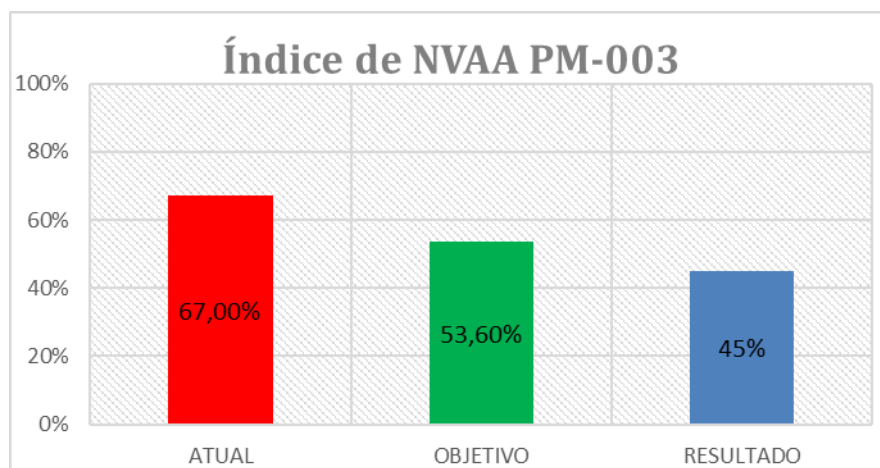


GRÁFICO 3 - Comparação objetivo e resultado anterior e atual do NVAA. Fonte: Autoplas (2016).

A redução do índice de NVAA impactou diretamente sobre o custo de produção da linha de montagem PM-003 reduzindo R\$ 4.784,48 com a eliminação das atividades sem valor agregado e dessaturação.

O GRÁFICO 4 apresenta um estudo de tempos após a realização do rebalanceamento da linha de montagem PM-003.

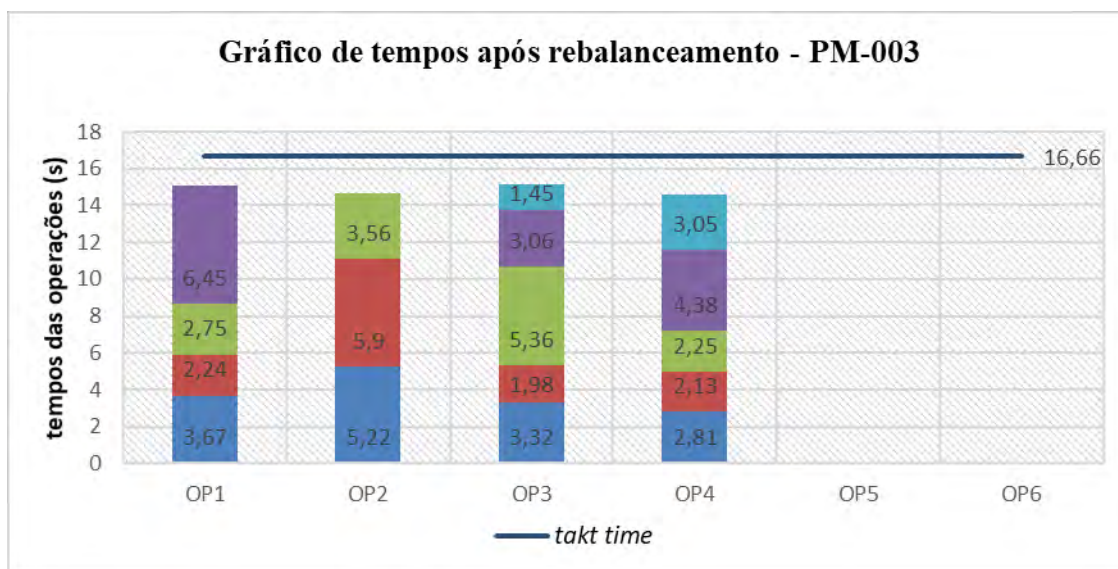


GRÁFICO 4 - Estudo de NVAA após rebalanceamento da PM-003. Fonte: Autoplas (2016).

É possível verificar o atendimento ao tempo *takt* que resultou em maior cumprimento dos prazos de entrega ao cliente. Também se ressalta que não há mais acúmulo de tarefas nas operações 2 e 4, evitando gargalos.

Após o rebalanceamento da linha reduzindo as atividades que não agregam valor foi possível reduzir duas operações que antes eram necessárias, que foram eliminadas após a

nova divisão das tarefas. A eliminação das duas operações reduziu em R\$ 78.619,20 os custos anuais com mão de obra para a empresa.

Os operadores precisavam se deslocar do posto de trabalho para o abastecimento dos componentes necessários à continuidade da operação. A causa raiz encontrada foi a não existência de um abastecedor na linha PM-003. Como proposta para eliminação da movimentação dos operadores para realizar o reabastecimento da linha, foi realizado um teste prático para verificar se seria possível utilizar o responsável pelo abastecimento das máquinas injetoras da CI-01 para o abastecimento da linha de montagem dos difusores de ar. O resultado foi positivo uma vez que, após o teste, verificou-se o abastecimento em ambos os locais sem espera por parte dos operadores da PM-003 e máquinas injetoras. O resultado foi a eliminação da movimentação dos operadores.

Não sendo mais necessário o deslocamento dos operadores para o abastecimento da linha, havendo um novo responsável para executar essa tarefa. Como consequência disso tem-se a eliminação do tempo de espera na linha de montagem PM-003.

Para sustentação dos ganhos alcançados com a realização do projeto, as instruções de trabalho foram alteradas de acordo com a nova sistemática de cada operação. Cada operador foi treinado no novo procedimento, garantindo assim a eficácia da padronização.

## 5. Conclusão

O setor automobilístico é bastante complexo e extremamente competitivo. Uma forma de se obter a sobrevivência de uma empresa no mercado é otimizar o planejamento e a organização do processo produtivo, de forma a reduzir ao máximo os desperdícios e atingir o menor custo de fabricação possível.

Através das ferramentas adotadas pela metodologia WCM, as empresas deste segmento estão a cada dia mais melhorando seus processos produtivos, utilizando os direcionadores do WCM para identificar as maiores perdas e diminuí-las de forma a reduzir o impacto destas nos resultados da empresa. Uma forma eficaz de atacar as perdas do processo produtivo é utilizando um *kaizen*, que é uma ferramenta desenvolvida através do ciclo PDCA, de forma a realizar a identificação do problema, elaborar um planejamento das ações necessárias para a solução e então agir de forma eficaz, obtendo os resultados e padronizando as ações para os processos similares já existentes ou para aqueles que serão desenvolvidos no futuro.

Os objetivos propostos neste trabalho foram o aumento de 50% da produtividade da linha de montagem dos difusores de ar e a redução de 20% do percentual de NVAA presente na linha. Através do estudo do problema e planejamento das ações, os objetivos foram alcançados e superados, obtendo um aumento de 82,19% de produtividade e redução de 32,84% do percentual de NVAA da linha de montagem PM-003.

## Referências

- AUTOPLAS. *Arquivos internos da empresa*. Mateus Leme. 2016
- RUIZ, João Álvaro. *Metodologia Científica: Guia para eficiência nos estudos*. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 1996. 177 p.
- YAMASHINA, H. *World class manufacturing: Métodos e ferramentas*. Material interno de aplicação WCM da empresa em estudo, 2011.

## A otimização de tinta de terra: processos e transformações através da sustentabilidade

Leandro Teles Antunes dos Santos<sup>1</sup>

Ana Carolina Laíne<sup>2</sup>

Daniel Moreira Araújo Filho<sup>3</sup>

Marcelo Elias Nogueira Pinto<sup>4</sup>

Ticiane Paula Gonçalves de Oliveira<sup>5</sup>

Ubiraci Herculano Pereira Júnior<sup>6</sup>

**Resumo:** A sustentabilidade é a palavra de ordem dos processos industriais e científicos. Sob a ótica de agregar o meio ambiente no cotidiano da Engenharia Civil, emerge esse estudo com o objetivo de explicar o processo de fabricação de um tipo de tinta de terra, apresentar seus componentes e compará-lo com tinta industrializada. A tinta de terra é uma tinta sustentável, pois seus componentes são basicamente água, terra, cola branca e grude. A tinta de terra tem uma propriedade térmica que é muito interessante, ela tende a arejar melhor o ambiente e absorver menos calor que a tinta industrial. Desse modo de fácil fabricação, componentes acessíveis, essa tinta torna-se um empreendimento a ser usado por toda a população, principalmente classes menos favorecidas, pois o valor de fabricação é de baixo custo financeiro e através da otimização do processo de fabricação, torna-se viável o uso e manuseio da tinta propiciando maior harmonia entre meio ambiente e a construção civil. Agrega-se ao trabalho um caráter social na divulgação da execução e implementação da tinta de terra, sendo portanto, difundido junto à comunidades de baixo poder aquisitivo e também comunidades rurais.

**Palavras-chave:** Tinta de Terra. Sustentabilidade. Inovação. Otimização.

1. Mestre em Ensino de Matemática, professor de Álgebra Linear e coordenador da iniciação científica do curso de Engenharia Civil, Universidade de Itaúna, [leandrotelesprof@yahoo.com.br](mailto:leandrotelesprof@yahoo.com.br).

2. Estudante de Engenharia Civil/aluna de iniciação científica, Universidade de Itaúna, [anacarolina\\_laine@hotmail.com](mailto:anacarolina_laine@hotmail.com).

3. Estudante de Engenharia Civil/aluno de iniciação científica, Universidade de Itaúna, [moreiradaniel0105@gmail.com](mailto:moreiradaniel0105@gmail.com).

4. Estudante de Engenharia Civil/aluno de iniciação científica, Universidade de Itaúna, [marcelo.nogueira.engecivil@gmail.com](mailto:marcelo.nogueira.engecivil@gmail.com).

5. Estudante de Engenharia Civil/aluna de iniciação científica, Universidade de Itaúna, [ticianapaula@hotmail.com](mailto:ticianapaula@hotmail.com).

6. Estudante de Engenharia Civil/aluno de iniciação científica, Universidade de Itaúna, [ubiraci.eng@gmail.com](mailto:ubiraci.eng@gmail.com).



## 1. Introdução

O projeto de extensão e pesquisa Tinta de Terra iniciou-se em fevereiro de 2014 pela Faculdade de Engenharia Civil na Universidade de Itaúna por alunos e professores da instituição, com o objetivo de aprimorar e otimizar técnicas desenvolvidas pela Universidade Federal de Viçosa em consonância com as ideias de CARVALHO et al (2007).

Tal projeto foi realizado em parceria com os professores de Química Ana Maria Jorge e Antônio Taranto, fazendo as análises de solo e também das tintas fabricadas.

A tinta é uma mistura de pigmentos, solventes e aglomerantes líquidos. Os pigmentos são utilizados para dar cor à tinta, o solvente para dar fluidez e os aglomerantes líquidos são utilizados para dar aderência necessária para fixá-la na superfície aplicada. Existem vários tipos de pigmentos, solventes e aglomerantes que podem ser utilizados para obter a tinta. Para este presente estudo foi utilizado solo como pigmento, água como solvente, cola branca e grude como aglomerantes líquidos para fixação.

## 2. Metodologia

### 2.1 Solo

Para a amostra da terra, foram coletadas várias amostras pelos alunos e, inicialmente, foram testadas até que se atingisse a amostra ideal, tanto em cor como em absorção dos aglomerantes e solventes. Os principais elementos que formam o solo são areia, silte e argila. Eles são compostos por fragmentos de rochas e minerais e variam em granulometria e forma, sendo a areia a maior partícula, o silte a intermediária e a argila a menor.

As partículas pequenas, que são encontradas no solo, são as que nos interessam para a produção da tinta, pois é esta que dará cor à mesma. É possível fazer tinta com o solo arenoso, porém, a qualidade pode ser comprometida já que textura será mais grosseira. Quanto mais finas as partículas, maior a capacidade de pigmentação e aderência nas superfícies.

Para produzir tintas de boa qualidade, o ideal é obter o máximo de silte e argila, pois estes componentes conferem maior capacidade de fixação da tinta sobre a superfície.

### 2.2 Extração do Solo

O solo é o principal componente para fabricação da tinta, este que determinará capacidade de fixação, coloração e propriedade térmica. Deve-se dar atenção ao processo de extração da terra, pois pode comprometer a estabilidade do talude.

Podemos encontrar boas amostras em barrancos, aproveitando cortes de estradas e desaterro. Para evitar erosão, desmoronamento e acidentes, a melhor maneira é retirar o solo uniformemente.

A amostra do solo foi retirada em uma área de uso pastoreio, onde foram coletados 8 litros de terra para fabricação e testes em laboratório da tinta. A terra passou por procedimentos de peneiração, limpeza de grânulos e extração de micropartículas para melhor desempenho da tinta de terra.



## 2.3 Aglomerantes líquidos

É fundamental o uso de aglomerantes líquidos para a fabricação da tinta, pois se aplicarmos somente o solo, extraído, não ocorrerá a fixação na superfície. Quanto maior a granulometria do agregado menor será sua aderência. No estudo realizado foram utilizadas várias substâncias para testarmos a intensidade de sua fixação. Dentre as que foram testadas, as soluções mais eficientes e economicamente viáveis foram o grude e a cola branca.

### 2.3.1 Grude

A fórmula básica do grude é feita com polvilho e água, este tem um grande potencial adesivo e serve para colar uma infinidade de materiais. É muito fácil de fazer, barata e ecológica.

Existem muitas fontes de amido que podem ser utilizados para produzir o grude. Dentre essas fontes, o amido de mandioca comercializado como polvilho azedo, produz um grude com boa qualidade. O grude a base de polvilho doce é muito viscoso que impede a mistura com solo, sendo assim o ideal é o grude de polvilho azedo.

Para fazer o grude utilizamos os seguintes materiais:

- a) 3 Litros de Água;
- b) 5 Colheres de Polvilho Azedo;

Modo de Preparo:

- a) Ferver 2 litros de água;
- b) Dissolver 5 colheres de polvilho azedo em 1 litro de água natural;
- c) Ferver 2 litros de água. Quando esta já estiver fervida, misturar o polvilho já dissolvido em água natural;
- d) Mexer rápido.

Para realização do procedimento gasta-se 5 minutos, tendo a consistência que pode ser notada na FIGURA 1.



FIGURA 1 - Grude Pronto. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

## 2.4 Materiais auxiliares



Para misturarmos a tinta de terra, confeccionamos um balde com hastes que pode ser visto na FIGURA 2, entretanto foi inviável a utilização do mesmo, em função de que os aglomerados líquidos não se misturavam, e a terra permanecia no fundo. Desse modo utilizamos o misturador industrial para ter uma melhor homogeneização da tinta. Indica-se que utilize uma batedeira velha ou um adaptador de mistura a uma furadeira para facilitar a dissolução dos materiais adicionados para o preparo da solução. Como sugestão, pode-se ainda executar uma colher de madeira para fazer a mistura, batendo a tinta de terra, deixando a tinta homogênea e funcional.



FIGURA 2 - Misturador utilizado para confecção da tinta de terra. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

## 2.5 Tinta

A tinta é uma substância constituída de um corante e de um aglutinante. Elas são utilizadas no revestimento de edificações para proteger as superfícies contra intempéries, evitando o esfarelamento, o desenvolvimento do mofo, além de ser importante na decoração de ambientes, pois permite acabamentos com uma ampla variedade de cores e textura proporcionando ao local uma aparência mais agradável.

### 2.5.1 Produção da Tinta

Para o estudo foram feitos em laboratório, várias amostras de tintas com diferentes materiais, a fim de analisarmos as características que cada um dos materiais desempenhava na solução pronta.

Utilizamos estas amostras em superfícies aleatórias com o objetivo de analisar o comportamento da tinta em cada tipo de superfície. Para analisarmos diferentes comportamentos que a tinta desempenhava, observamos a granulometria do solo, a aderência na parede, sua resistência quanto a intempéries.

Foram utilizadas as seguintes peneiras com as malhas de 100, 200 e 325 que podem ser notadas na FIGURA 3.



FIGURA 3 - Agitador de Peneiras. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Colocaram-se as peneiras posicionadas no agitador e foram adicionadas terra no primeiro nível da peneira obtendo os seguintes resultados, mostrados na TABELA 1.

TABELA 1 - Resultados obtidos no peneiramento do solo no agitador - 1º Teste.

Tentativas	Nível da Vibração	Tempo Esperado	Resultado
1º	4	2 min	A terra não passou pelas peneiras.
2º	10	3 min	A terra não passou pelas peneiras.

Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Pode-se ressaltar que o nível de vibração em relação a intensidade varia de 0 a 10 nos testes adotados. Com os resultados acima percebeu-se que as malhas das peneiras estavam muito finas para o peneiramento e passagem da terra não obtendo assim o procedimento esperado do mesmo.

Utilizou-se então peneiras com malhas maiores sendo elas de 16, 30 e 50. Os resultados obtidos são mostrados na TABELA 2.

TABELA 2 - Resultados obtidos no peneiramento do solo no agitador - 2º Teste

Tentativas	Nível da Vibração	Tempo Esperado	Resultado
3º	10	3 min	Houve passagem de terra pelas peneiras, mas de forma lenta.
4º	10	1 min	Houve passagem de terra pelas peneiras, mas de forma lenta.

Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Devido os resultados não terem apresentado sucesso resolvemos peneirar a terra de forma manual. Utilizou-se no primeiro a peneira com malha de 16, em sequência utilizamos após a terra passar por esta usamos a peneira de malha de 30, para conseguir a afim de a terra ficar com a menor granulometria possível.



Percebeu-se que a terra estava um pouco úmida e isso dificultaria a fase de peneiramento, sendo assim a mesma foi aquecida na estufa por 7 minutos a uma temperatura de 300°C.

Para fazer a tinta utilizamos os seguintes materiais:

- a) 1 kg de terra (Peneirada);
- b) 1 litro de água;
- c) 500 g de cola.

Notou-se que o rendimento da tinta foi de 1,5 litro. O rendimento poderia ter sido maior se ocorresse a lavagem do balde, porém caso fosse feito, a tinta ficaria menos aderente.

### 3 Resultados obtidos da amostra

Os primeiros resultados vistos em laboratório, logo após a produção da tinta, não foram positivos, pois constatamos que a granulometria da terra ainda estava grande, visualizada na FIGURA 4.



FIGURA 4 - Teste realizado com tinta de terra - 1ª Demão. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Ao observar a primeira demão de tinta (FIGURA 04), percebe-se que a granulometria da terra estratificou-se aparentemente. O teste também foi feito em pedaços de gesso que são demonstrados na FIGURA 5, tendo os seguintes resultados:



FIGURA 5 - Primeira demão de tinta em pedaços de gesso. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Observa-se na FIGURA 5 que a granulometria da terra ficou aparente. O gesso, por apresentar uma superfície mais lisa, nota-se que a tinta ficou com um aspecto mais grosseiro,



obtendo assim aparência de textura. Os grãos de terra que ficaram na superfície não saíram ao passar as mãos, notados na FIGURA 6.



FIGURA 6 - Segunda demão de tinta em pedaços de gesso. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Após 3 (três) horas a segunda demão foi passada na superfície como mostra a FIGURA 06. Destacando que a tinta não saiu da superfície ao ser friccionada, mesmo apresentando grãos de terra maiores.

### 3.2 Produção de tinta com terra, água e cola branca com proporções diferentes

A terra foi peneirada manualmente, utilizando primeiro a peneira com malha de 16, após a terra passar por esta usamos a peneira de malha de 30, afim de a terra ficar com a menor granulometria possível.

Utilizamos os seguintes ingredientes:

- a) 1 Kg de terra;
- b) 2 litros de água;
- c) 250 g de cola.

Observação: Para tentar diminuir a granulometria da terra misturamos a terra e a água após este processo coamos, com o auxílio de uma meia fina dupla, a mistura. Logo após acrescentamos a cola. Tal experimento é notado na FIGURA 7.



FIGURA 7 - Mistura sendo coada com meia fina. Fonte: Arquivo dos autores (2015).



O resultado não foi positivo, pois a mistura não passou totalmente na meia fina, devido apresentar uma solução grossa, fazendo com que houvesse desperdício dos materiais. Diminuindo assim o rendimento da tinta.

### 3.3 Produção de tinta com terra, água, cola branca e óleo de mamona.

A terra foi peneirada manualmente, utilizando primeiro a peneira com malha de 16, após a terra passar por esta usamos a peneira de malha de 30, afim de a terra ficar com a menor granulometria possível.

Foram utilizados os seguintes ingredientes:

- a) 1 Kg de terra;
- b) 200 ml de óleo de mamona;
- c) 4 litros de água fervida;
- d) 250 g de cola.

Colocou-se 1 Kg (um quilo) de terra peneirada, acrescentamos metade da água fervida, adicionamos 200 ml de óleo de mamona, acrescentamos a cola e misturamos a solução, acrescentando o restante da água. O óleo foi adicionado à mistura a fim de se obter melhores resultados na tinta.

Aplicou-se a tinta em uma placa de gesso e esperou-se secar para avaliarmos os resultados, porém estes não foram positivos, pois a tinta não aderiu na superfície e começou a descamar. Sendo assim descartado para utilização, como nota-se na FIGURA 8.



FIGURA 8 - Aplicação da tinta com o óleo de mamona. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

### 3.4 Produção de tinta com terra, água, grude.

A terra foi peneirada manualmente, utilizando primeiro a peneira com malha de 16, após a terra passar por esta usamos a peneira de malha de 30, afim de a terra ficar com a menor granulometria possível.

Foram utilizados os seguintes ingredientes:



- a) 800 g de grude;
- b) 800 g de terra;
- c) 625 g de água.

Foi feito um volume menor de tinta, sendo apenas para testes pequenos, porém o resultado não foi satisfatório, sendo que a tinta ficou rala (como pode ser notado na FIGURA 9) não cobrindo a superfície como era esperado.



FIGURA 9 - Aplicação da tinta na placa de gesso. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

### 3.5 Produção de tinta com terra, água, cola, grude e vinagre

A terra foi peneirada manualmente, utilizando primeiro a peneira com malha de 16, após a terra passar por esta usamos a peneira de malha de 30, afim de a terra ficar com a menor granulometria possível.

Foram utilizados os seguintes materiais:

- a) 800 ml de cola branca;
- b) 800 g de grude com vinagre (aquecido);
- c) 800 g de terra;
- d) 625 g de água.

Como observação importante cita-se que o vinagre foi adicionado na mistura a fim de ser utilizado como inseticida, para eliminação de fungos após a aplicação.

Foi feito a aplicação da tinta em uma placa de gesso e os resultados foram positivos. A granulometria e aderência da mesma foram satisfatórias, fazendo com que adotássemos esta para testes em uma escala maior, para que pudesse ser observados outros pontos sobre a tinta. Este experimento é comprovado na FIGURA 10.



FIGURA 10 - Aplicação da tinta na placa de gesso. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

#### 4. Discussão

A preparação da superfície antes de aplicar a tinta deve ser bem feita a fim de evitar problemas após a aplicação da tinta. Sendo assim necessário a limpeza completa do local, para isto é preciso remover os materiais estranhos ou contaminantes e criar condições adequadas para que a pintura tenha qualidade e durabilidade. A superfície deve estar firme, limpa, seca, sem poeira, sabão ou mofo. A pintura deve ser planejada de modo a evitar desperdícios e respeitar o tempo de secagem das demãos.

Os exemplos mais comuns de tratamentos de superfícies são:

- a) Lavar com auxílio de sabão e água sanitária as partes mofadas, deixar secar e verificar se o local ficou limpo, caso haja ainda no local manchas repetir o processo;
- b) Imperfeições podem ser corrigidas com argamassa de cimento, quando for necessário realizar este procedimento deve-se esperar a secagem e a cura do material para depois aplicar a tinta;
- c) Superfícies caiadas e com partículas soltas ou mal aderidas aconselha-se raspar com espátula e/ou escovar com escova de aço a superfície eliminando as partes soltas, caso necessário aplicar argamassa;
- d) Paredes já pintadas deve-se raspar a tinta velha ou danificada com espátula, lixa ou escova de ferro.

O piso deve ser forrado com jornais ou lona afim de protegê-lo de respingos. A tinta pode ser aplicada, de modo similar as tintas convencionais. Para isto deve-se encharcar o rolo, podendo ser de lã ou de espuma, deve-se escorrer o excesso na bandeja ou lata e pintar sempre de baixo para cima. Com o pincel, pintar os locais onde o rolo não alcança, como cantos e frestas. Aguardar 3 (três) horas para próxima demão. Geralmente três demãos são suficientes, mas caso perceba manchas ou necessidade de aplicar mais tinta, aplicar mais demãos até obter o resultado esperado, lembrando que deve ser respeitado as três horas de secagem.

Tomando como referência a tinta de terra produzida com água, cola branca e grude, os materiais a serem comprados serão a cola branca que custa em média R\$ 22,00/Kg e o polvilho azedo para fazer o grude que custa aproximadamente R\$ 6,99/Kg.

Após os resultados citados acima concluímos que a tinta com a cola branca e o grude apresentaram melhores resultados, por isso foi feito uma proporção maior de tinta para a



aplicação em uma parede externa de um estabelecimento a fim de analisar os resultados em contato com a luz solar, com a chuva e com o ambiente externo. Este fato pode ser notado na FIGURA 11.

Antes de pintar a parede do estabelecimento foi feita medição de temperatura da parede que acusava 36° Célsius. Após a pintura nova medição foi executada no mesmo horário e ambiente climático do anterior e notou-se que a temperatura passou a ser 34,5° Célsius, ou seja, a tinta de terra provocou uma reflexão dos raios solares e menor absorção do calor na parede pintada.



FIGURA 11 - Aplicação da tinta em um muro. Fonte: Arquivo dos autores (2015).

Desse modo pode-se também citar que a tinta de terra possui a característica de refrescamento do ambiente. Em áreas internas, deve-se sempre analisar a pintura pois pode corroborar para aparecimento de mofo se a parede é úmida e tende a ser fria.

## 5. Conclusão

Diante dos vários testes executados e da assimilação da tinta, pode-se afirmar que a tinta é de qualidade, propiciando rendimento e dando uma grande cobertura para a área pintada, sendo executável e de fácil manipulação. Em camadas sociais mais carentes, torna-se fator essencial para revestimento das paredes, propiciando um ambiente agradável, aconchegante e termicamente menos aquecido.

A pesquisa ainda encontra-se em curso, agora sob uma nova ótica. Cursos estão sendo ministrados com o objetivo de ajudar a população da zona rural e áreas sociais carentes à desenvolverem a tinta de terra de modo a otimizar uma tinta sustentável, rentável e prática tanto dos atributos da construção civil quanto dos atributos da sustentabilidade conforme citado em ALMEIDA (2007), fatos tão preponderantes e atuais na sociedade.

## Referências

ALMEIDA, Fernando. *Os Desafios da Sustentabilidade: uma ruptura urgente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CARVALHO, Anôr Fiorini de; HONÓRIO, Leticia de Melo; ALMEIDA, Marcelo Rodrigues de; SANTOS, Paulo César dos; QUIRINO, Pedro Eugênio. *Cartilha Cores da Terra - Fazendo Tinta com Terra*. Viçosa, 2007.



## Ajustes de modelos de previsão de propagação de trinca por fadiga em ADI tratado em diferentes condições de austêmpera

Luiz Henrique Marra da Silva Ribeiro<sup>1</sup>

José Felipe Dias<sup>2</sup>

Gabriel de Oliveira Ribeiro<sup>3</sup>

Leonardo Barbosa Godefroid<sup>4</sup>

**Resumo:** Três lotes de corpos de prova de ferro fundido nodular austemperado (ADI) foram fundidos em blocos Y, em condições industriais, com austenitização realizada a uma temperatura de 900°C por 1,5 h, com diferentes condições de austêmpera. O primeiro lote foi austemperado a 320°C por 2 h, o segundo a 360°C por 1,5 h, e o terceiro a 360°C por 0,6 h. Esses diferentes tratamentos térmicos produziram microestruturas contendo austenita com diferentes teores de carbono e dimensões de célula ferrítica. As propriedades e características do ADI foram obtidas através de microscopia ótica e eletrônica, difração de raios-X e ensaios mecânicos. Foram realizados ensaios de propagação de trinca por fadiga nos corpos de prova com  $R = 0,1$  e  $R = 0,3$ . Com o objetivo de verificar quais modelos podem ser utilizados para descrever as propagações de trinca dos três lotes em ADI realizaram-se os ajustes dos modelos de Paris, Priddle, McEvily, Forman modificado por Hartman, Priddle modificado, Hall modificado e 4P-2 aos dados adquiridos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga. Sendo Priddle, McEvily, Forman modificado por Hartman, Priddle Modificado e 4P-2 os que melhor se ajustaram. Observou-se indício de fechamento de trinca.

**Palavras-chave:** Ferro Fundido Nodular Austemperado. ADI. Ajuste Não Linear. Propagação de Trincas por Fadiga. Fechamento de Trincas. Otimização por algoritmo genético.

1. Engenheiro Mecânico, Mestrando em Estatística Aplicada e Biometria, UNIFAL, luiz.marra@outlook.com.
2. Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade de Itaúna, jfelipe@uit.br.
3. Engenheiro Civil, Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais, gabriel@dees.ufmg.br.
4. Engenheiro Metalurgista, Doutor, Universidade Federal de Ouro Preto, leonardo@demet.em.ufop.br.

### 1. Introdução

O ferro fundido nodular austemperado, mais conhecido por *austempered ductile iron* (ADI), surgiu como uma excelente opção como material de engenharia devido à combinação de elevada resistência mecânica, ductilidade, tenacidade, resistência à fadiga e resistência ao desgaste, associadas a um baixo custo, quando comparado com ferros fundidos convencionais e aços forjados. No entanto, as informações disponíveis sobre propriedades à fadiga do ADI e correlação com a microestrutura são escassas e o aumento da utilização do ADI em elementos de máquinas e estruturais sujeitos à fadiga, dependem da disponibilidade e confiabilidade de tais informações (DIAS, 2006).

Detalhes do processo de tratamento térmico para obtenção do ADI e das transformações de fase são apresentados Dias (2006).



Dias (2006) mostra que a tenacidade à fratura do ADI depende do volume de austenita na matriz e do teor de carbono na austenita, controlados durante o tratamento térmico. A tenacidade à fratura do ADI fica no intervalo de  $45 \text{ MPa.m}^{1/2}$  a  $110 \text{ MPa.m}^{1/2}$ , os valores máximos são obtidos em temperaturas próximas à  $360^\circ\text{C}$ .

Bartosiewicz, *et al.* (1992) investigaram a influência da microestrutura na propagação de trincas de fadiga e observaram que o limiar  $\Delta K_{th}$  (*threshold*), cresce com o aumento do volume de austenita na matriz. Yang e Putatunda (2005) verificaram que para temperaturas de austêmpera entre  $315^\circ\text{C}$  a  $385^\circ\text{C}$ , os valores de  $\Delta K_{th}$  aumentam à medida que se eleva a temperatura de austêmpera, ficando no intervalo entre 4,2 e  $8,4 \text{ MPa.m}^{1/2}$ . Eles também observaram que a taxa de propagação de trinca na região próxima ao limiar  $\Delta K_{th}$  é influenciada pelas seguintes variáveis microestruturais: (i) volume de austenita na matriz; (ii) teor de carbono na austenita; (iii) tamanho da célula ferrítica; (iv) produto entre o volume de austenita pelo teor de carbono na matriz, denominado daqui em diante por teor total de carbono na matriz. Os autores afirmam que existe uma relação aproximadamente linear entre o parâmetro  $\Delta K_{th}$  e a temperatura de austêmpera, descrita na Equação (2), onde  $\sigma_y$  é o limite de escoamento e  $d$  a dimensão da célula ferrítica:

$$\frac{\Delta K_{th}}{\sigma_y \sqrt{d}} \propto T_{austêmpera} \quad (2)$$

Considerou-se, a exemplo de Dias (2006), que a dimensão  $d$  da célula ferrítica seja a espessura das subunidades que compõem o feixe ou molho de ferrita, como ilustra a FIGURA 2. Pois nenhuma ilustração foi encontrada nos trabalhos publicados pelos autores que introduziram o parâmetro  $d$ .

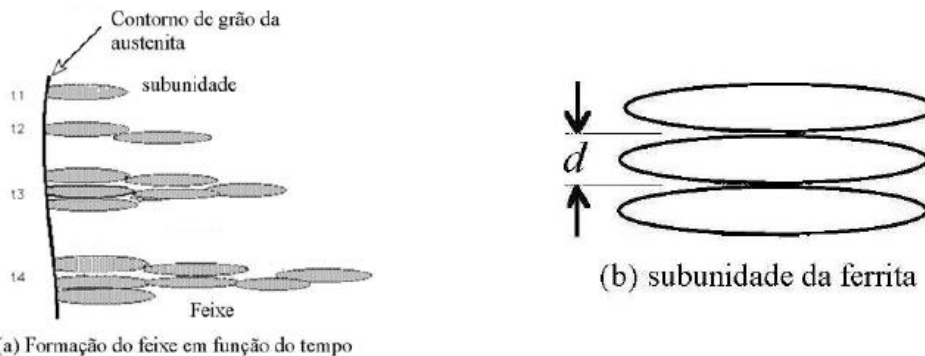


FIGURA 2 – Representação esquemática do início de formação da estrutura “ausferrítica” do ADI. (a) Formação do feixe de ferrita em função do tempo; (b) representação da espessura da subunidade da ferrita. Fonte: Dias (2006).

Atualmente a característica de fadiga que tem recebido a maior atenção pela Engenharia Estrutural é a taxa de propagação de trinca. A avaliação da taxa de propagação de trinca é padronizada pela ASTM. Corpos de prova cuidadosamente pré-trincados são ciclados em torno de uma tensão média e de acordo com uma razão  $R$ , e o comprimento da trinca é monitorado durante o ensaio. Os conceitos da Mecânica da Fratura Elástica Linear são utilizados para tratar os dados obtidos no ensaio de propagação de trinca resultando no gráfico taxa de propagação de trinca por fadiga  $da/dN$  versus fator cíclico de intensidade de tensão  $\Delta K$ . A relação  $da/dN \times \Delta K$  é apresentada em um gráfico com escalas logarítmicas, e fornece para a maioria dos materiais uma “curva sigmoidal” exemplificada na FIGURA 3.

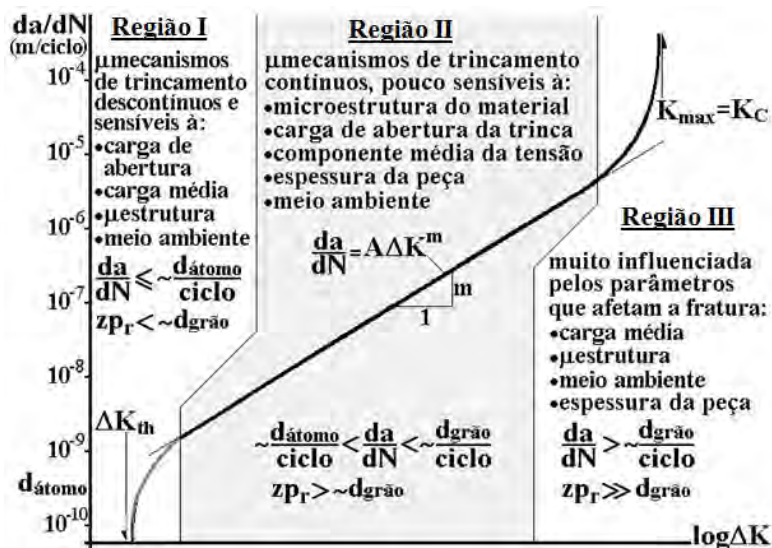


FIGURA 3 – Curva  $da/dN \times \Delta K$ , apresentando as três regiões de propagação da trinca, mecanismos e características. Fonte: Castro e Meggiolaro (2009).

Com o objetivo de verificar quais modelos de previsão de propagação de trincas por fadiga poderiam ser ajustadas ao ADI, foram analisadas 25 equações do tipo  $da/dN = f(\Delta K)$  que descrevem as três regiões de fadiga, ilustradas na FIGURA 3. Na TABELA 3, além da equação de Paris, estão sumarizados os modelos de propagação de trinca por fadiga que englobam as três regiões, e que melhor se ajustaram aos dados dos três lotes de ADI, obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga.

TABELA 3 – Modelos de propagação de trinca por fadiga que melhor se ajustaram aos dados dos três lotes de ADI ensaiados com  $R = 0,1$ .

Modelo		Equação	Constantes	Referência
Número	Nome			
Modelo 1	Paris	$\frac{da}{dN} = C \cdot x^m$	C e m	Paris e Erdogan (1963)
Modelo 2	Priddle	$\frac{da}{dN} = C2 \cdot \left( \frac{\Delta K - \Delta K_{th}}{K_C - K_{max}} \right)^{M2}$	C2 e M2	Kumar et al. (2014)
Modelo 3	McEvily	$\frac{da}{dN} = C3 \cdot (\Delta K - \Delta K_{th})^2 \cdot \left( 1 + \frac{\Delta K}{K_C - K_{max}} \right)$	C3	Kumar et al. (2014)
Modelo 4	Forman modificado por Hartman	$\frac{da}{dN} = \frac{D4 \cdot (\Delta K - \Delta K_{th})^{\alpha 4}}{((1 - R) \cdot K_C - \Delta K)}$	D4 e $\alpha 4$	Jones et al. (2012)
Modelo 5	Priddle modificado	$\frac{da}{dN} = A5 \cdot \left[ \frac{\Delta K - \Delta K_{th} \cdot (1 - R)}{K_C - K_{max}} \right]^{M5}$	A5 e M5	Meggiolaro e Castro (1997)
Modelo 6	Hall modificado	$\frac{da}{dN} = \frac{A6 \cdot \Delta K^{M6} \cdot (K_{max} - \Delta K_{th})^{P6}}{\left( \left( \frac{K_C}{K_{max}} \right) - 1 \right)}$	A6, M6 e P6	Meggiolaro e Castro (1997)
Modelo 7	4P-2	$\frac{da}{dN} = \frac{A7 \cdot [\Delta K - \Delta K_{th} \cdot (1 - \alpha R)]^{M7}}{(K_C - K_{max})^{P7}}$	A7, M7 e P7	Meggiolaro e Castro (1997)





Também foi investigado o fechamento de trinca utilizando a equação de Paris comparando ensaios realizados com  $R = 0,1$  (Dias, et al., 2010) e  $R = 0,3$  (DIAS, 2006).

## 2. Metodologia

Os ferros fundidos nodulares austemperados foram austenitizados a  $900^{\circ}\text{C}$  por 1,5 hora em condições industriais, cujas composições químicas estão na TABELA 1. Os lotes foram denominados: ADI T1, austemperado a  $320^{\circ}\text{C}$  por 2 horas; ADI T2, austemperado a  $360^{\circ}\text{C}$  por 1,5 hora; e ADI T3, austemperado a  $360^{\circ}\text{C}$  por 0,6 hora. As propriedades destes materiais, necessárias para as regressões são apresentadas na TABELA 2. Os ensaios de propagação de trinca por fadiga foram realizados a uma frequência de 30 Hz, razão entre tensões  $R = 0,1$  e  $R = 0,3$  e corpos de prova tipo CT conforme norma ASTM E-647 (2000). Mais detalhes estão disponíveis nos trabalhos de Dias *et al.* (2010) e Dias (2006).

TABELA 1 – Composição química dos materiais (porcentagem em peso).

C	Si	Mn	S	P	Cu	Ni	Mg
3,744	2,792	0,205	0,014	0,043	0,597	0,606	0,042

Fonte: Dias *et al.*(2010)

TABELA 2 – Propriedades dos materiais necessárias para as regressões.

	ADI T1	ADI T2	ADI T3
B (mm)	12	12	12
$\sigma_Y$ (MPa)	871,6	854,4	1092,2
$\Delta K_{th}$ (MPa. $\sqrt{\text{m}}$ )	5,71	6,13	6,36
$K_C$ (MPa)	128,00	112,40	91,45
$K_{IC}$ (MPa)	89,12	82,63	80,58

Fonte: Dias *et al.*(2010)

Para o cálculo de  $K_{IC}$ , foi utilizada a Equação (8) proposta Irwin (1948), onde B é a espessura do corpo de prova, em milímetros, utilizado no ensaio de propagação de trincas por fadiga, e  $\sigma_Y$  é a tensão de escoamento do material em MPa.

$$K_C = K_{IC} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{1,4}{B^2}\right) \cdot \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_Y}\right)^4} \quad (8)$$

As regressões do modelo de Paris aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga do ADI foram realizadas de forma semelhante à otimização utilizada por Bergner e Zouhar (2000). Da mesma forma foram obtidas as inclinações das linhas de regressão da região II, representadas em gráficos log-log, em graus e em relação ao eixo x no sentido anti-horário. A utilização da inclinação em graus foi adotada pois é melhor representada do que a constante “m”.

Para o modelo 4P-2,  $\alpha$  é considerado igual a 1 pois R é próximo de 0. Como exemplo, Meggiolaro e Castro (1997) sugerem  $\alpha = 1$  para valores de R menores ou igual a 0,17 para os aços. Ainda conforme sugerido por Meggiolaro e Castro (1997), foram verificados todos os dados obtidos nos ensaios de fadiga e nenhum deles contrariou a Equação (9), bem como nenhum valor de  $K_{max}$  ultrapassou  $K_{IC}$ , conforme Equação (10). Também foram verificados se todos os dados de  $\Delta K$  satisfaziam a Equação (11), para que os modelos de Priddle e Forman modificado por Hartman fossem aplicáveis. Os valores necessários de  $K_{max}$  foram obtidos via Equação (12) de Kumar *et al.* (2014), Pugno *et al.* (2006), Meggiolaro e Castro (2009), e Maierhofer *et al.* 2014.



$$\Delta K(R) < (1 - R) \cdot \Delta K_{th} \quad (9)$$

$$K_{max} \leq K_{IC} \quad (10)$$

$$\Delta K < \Delta K_{th} \quad (11)$$

$$K_{max} = \frac{\Delta K}{1-R} \quad (12)$$

Para os ajustes dos modelos aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga com  $R = 0,1$ , foi utilizado o aplicativo *Curve Fitting Toolbox* 3.4.1 do software MATLAB versão R2014a. O método utilizado foi “*Non-linear Least Square*”, robustez “*Bisquare*”, e algoritmos utilizados foram “*Levenberg-Marquardt*” e “*Trust-Region*”.

O *Curve Fitting* retorna valores das constantes dos modelos utilizados, qualidade dos ajustes e erros. A qualidade dos ajustes foi dada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), conforme sugerido por Hair *et al.* (2006) e Montgomery (2001). Sendo que  $R^2$  é considerado a principal característica da qualidade do ajuste linear por Bergner e Zouhar (2000). O coeficiente de determinação foi utilizado para um ajuste não linear por ser o coeficiente dado pelo software e apesar do ajuste ser a razão principal do artigo, manteve o foco no fenômeno da propagação da trinca por fadiga. A raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE), raiz quadrada do erro quadrático médio normalizado (NRMSE) e erros residuais foram considerados parâmetros de verificação de erros das regressões, conforme Mertler e Vannatta (2001), Hair *et al.* (2006) e Montgomery (2001). NRMSE, representado pela Equação (13), é uma versão normalizada e mais eficiente que RMSE, utilizado para comparar dados com diferentes unidades, segundo Kumar *et al.* (2013) e Kumar *et al.* (2014).

$$NRMSE = \frac{RMSE}{X_{obs,max} - X_{obs,min}} \quad (13)$$

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Aplicação do modelo de Paris

As FIGURAS 4a, 4b, 4c e a TABELA 4 apresentam os ajustes do modelo de Paris aos dados dos ensaios de propagação de trinca por fadiga dos três lotes de ADI, para verificação do comportamento dos materiais em diferentes razões entre tensões. Os ajustes da região II da curva  $da/dN \times \Delta K$  com utilização de  $R = 0,1$  (Dias, 2010) foram comparados com os ajustes com utilização de  $R = 0,3$  para os mesmos materiais (Dias, 2006).

Pela TABELA 5, pode-se verificar que as constantes de Paris encontradas são próximas aos valores encontrados para o ADI por Ortiz *et al.* (2001), Lukács (2003) e Aslantas e Tasgetiren (2004).

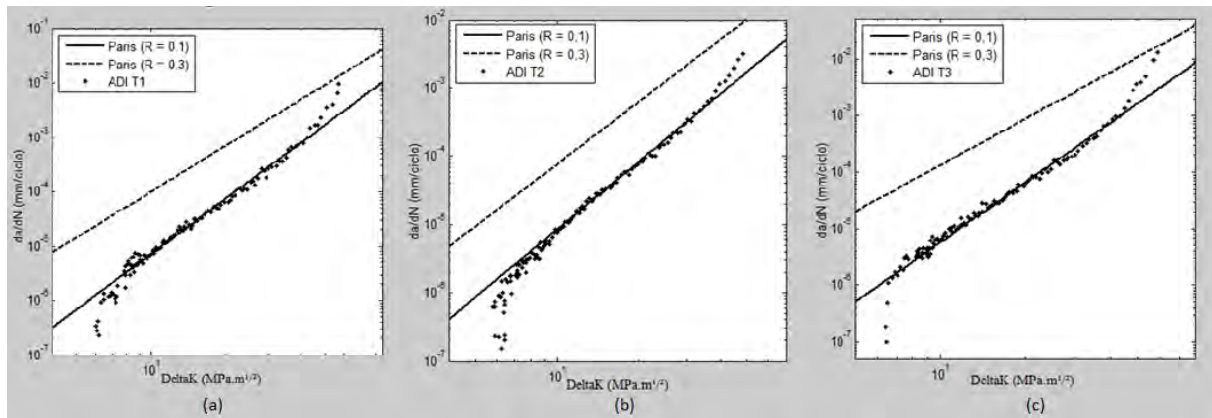


FIGURA 4 – Ajuste do modelo de Paris aos dados de propagação de trincas por fadiga utilizando R = 0,1 e R = 0,3. (a) ADI T1; (b) ADI T2; (c) ADI T3.

TABELA 4 – Comparação dos coeficientes e estatísticas do ajuste do modelo de Paris aos dados de propagação de trinca por fadiga do ADI utilizando R = 0,1 e R = 0,3.

Valores	ADI T1		ADI T2		ADI T3	
	R = 0,1	R = 0,3	R = 0,1	R = 0,3	R = 0,1	R = 0,3
Coeficiente C	2,87E-09	1,54E-07	4,23E-09	7,12E-08	1,75E-09	2,45E-07
Coeficiente m	3,392	2,808	3,300	3,034	3,512	2,729
Inclinação da reta	73,61°	70,43°	73,18°	71,79°	74,14°	69,91°
R <sup>2</sup>	0,9948	0,9982	0,9980	0,9936	0,9941	0,9960

TABELA 5 – Comparação das constantes do modelo de Paris obtidas para o ADI T1, T2 e T3 com resultados de outros autores para o ADI.

Contantes		ADI T1, T2 e T3 (R = 0,1)	ADI T1, T2 e T3 (R = 0,3)	Ortiz et al. (2001)	Lukács (2003)	Aslantas e Tasgetiren (2004)
C	Máx.	4.23E-09	2,45E-07	4.43E-10	6,05E-07	2,4E-08
	Mín.	1.75E-09	7,12E-08			
m	Máx.	3.512	3,034	2,85	2,80	3,3
	Mín.	3.300	2,729			

Através dos ajustes do modelo de Paris aos dados dos ensaios de propagação de trinca por fadiga do ADI T1, T2 e T3, verificou-se uma pequena influência das razões entre tensões nas inclinações das linhas de regressão para mesmos materiais como citado por Dinda e Kujawski (2004), como se observa na FIGURA 4 e TABELA 4. No entanto, nota-se um deslocamento da linha de regressão para a esquerda à medida que R aumenta. Conforme Dinda e Kujawski (2004) e Meggiolaro e Castro 2009, esta característica é verificada em diversos materiais, e que normalmente é considerada um efeito de fechamento de trinca. Esta característica foi verificada em todo ADI estudado por Iacoviello *et al.* (2010), que relatou que o ADI apresenta fechamento de trinca, que pode ser causado por plasticidade na ponta da trinca, formação de óxidos, ou rugosidade superficial induzida por fadiga. Sinais de fechamento de trinca em ADI também foram verificados por Dias (2006), causando dispersão de dados dos ensaios de propagação de trinca por fadiga na região de fator cíclico de

intensidade de tensão próximo ao limiar  $\Delta K_{th}$ .

### 3.2 Aplicações de modelos de previsão que descrevem as três regiões de propagação de trinca por fadiga

As FIGURAS 5, 6 e 7 e as TABELAS 6, 7 e 8 apresentam as regressões dos modelos que representam as três regiões de propagação de trinca por fadiga aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga do ADI T1, T2 e T3 com  $R = 0,1$ .

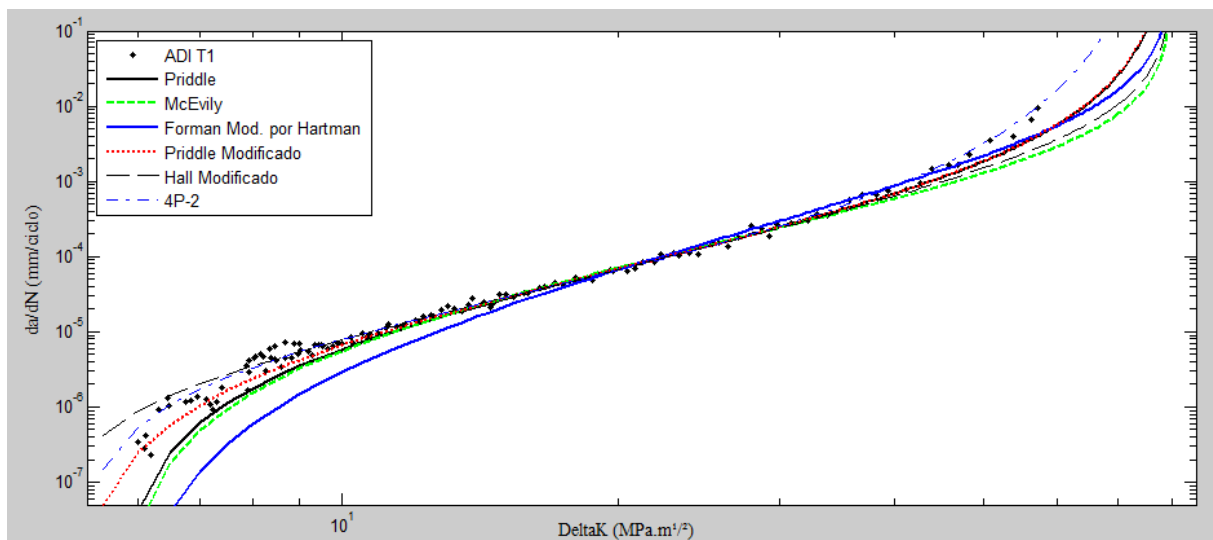


FIGURA 5 – Aplicação de modelos de previsão da propagação de trinca por fadiga indicadas na TABELA 3 aos dados obtidos para o ADI T1,  $R = 0,1$ .

TABELA 6 – Estatísticas dos ajustes dos modelos indicados na TABELA 3 aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga para o ADI T1,  $R = 0,1$ .

Modelo (Tab. 3)	Constantes ( $IC_{95\%}$ )			Qualidade do Ajuste $R^2$	Erros		
	Média	Mínimo	Máximo		RMSE	NRMSE	
2	C2	1,125E-3	1,109E-3	1,140E-3	0,9994	2,95E-05	5,76E-07
	M2	1,815	1,791	1,840			
3	C3	2,68E-07	2,63E-07	2,72E-07	0,9989	3,76E-05	7,35E-07
4	D4	8,12E-06	4,68E-06	1,16E-05	0,9982	6,79e-05	1,33E-06
	$\alpha 4$	2,337	2,228	2,447			
5	A5	1,098E-3	1,082E-3	1,113E-3	0,9994	2,93E-05	5,73E-07
	M5	1,842	1,818	1,867			
6	A6	2,61e-06	-5,91E-06	1,11E-05	0,9936	9,34E-05	1,83E-06
	M6	0,8253	-5,458	7,109			
	P6	0,6734	-4,81	6,157			
7	A7	1,471	-0,5294	3,472	0,9989	3,95E-05	7,72E-07
	M7	1,450	1,231	1,670			
	P7	3,312	3,158	3,466			

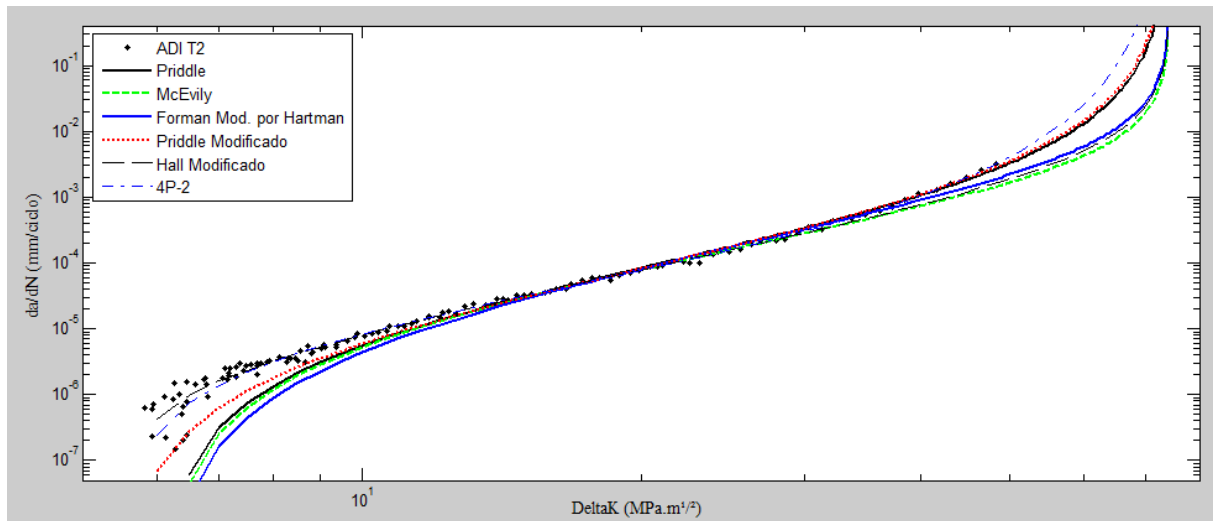


FIGURA 6 – Equações ( $\log da/dN \times \log \Delta K$ ) das regressões das equações indicadas na TABELA 3 aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga para o ADI T2,  $R = 0,1$ .

TABELA 7 – Estatísticas de regressão das equações indicadas na TABELA 3 aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga para o ADI T2,  $R = 0,1$ .

Equação Tab. 3.1	Constantes (IC <sub>95%</sub> )			Qualidade do Ajuste R <sup>2</sup>	Erros		
	Média	Mínimo	Máximo		RMSE	NRMSE	
Equação 2	C2	1,33E-03	1,33E-03	1,33E-03	0,9999	4,74E-06	1,11E-07
	M2	1,878	1,872	1,884			
Equação 3	C3	3,09E-07	3,07E-07	3,11E-07	0,9995	1,01E-05	2,39E-07
Equação 4	D4	1,49E-05	1,38E-05	1,60E-05	0,9998	7,25E-06	1,70E-07
	$\alpha_4$	2,167	2,147	2,188			
Equação 5	A5	1,34E-03	1,34E-03	1,34E-03	0,9999	4,37E-06	1,03E-07
	M5	1,953	1,947	1,959			
	A6	4,21E-06	-2,52E-05	3,37E-05			
Equação 6	M6	0,4221	-10,000	10,85	0,9223	1,32E-04	3,10E-06
	P6	0,9584	-7,742	9,658			
Equação 7	A7	1,77E-01	0,1231	0,2306	0,9999	4,44E-06	1,04E-07
	M7	1,495	1,452	1,537			
	P7	2,861	2,817	2,904			

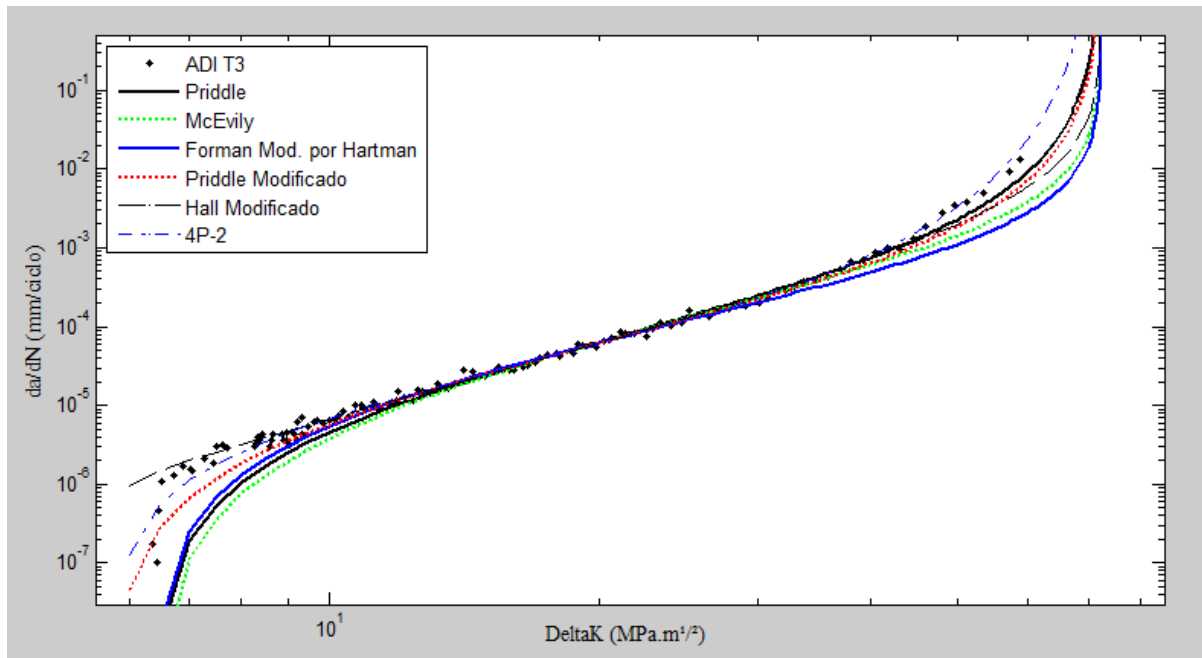


FIGURA 7 – Equações ( $\log da/dN \times \log \Delta K$ ) das regressões das equações indicadas na TABELA 3 aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga para o ADI T3,  $R = 0,1$ .

TABELA 8 – Estatísticas de regressão das equações indicadas na TABELA 3 aos dados obtidos nos ensaios de propagação de trinca por fadiga para o ADI T3,  $R = 0,1$

Equação Tab. 3.1	Constantes (IC <sub>95%</sub> )			Qualidade do Ajuste	Erros		
	Média	Mínimo	Máximo	R <sup>2</sup>	RMSE	NRMSE	
Equação 2	C2	8,45E-04	8,38E-04	8,53E-04	0,9999	1,67E-05	3,18E-07
	M2	1,775	1,767	1,783			
Equação 3	C3	2,52E-07	2,48E-07	2,56E-07	0,9993	4,39E-05	8,38E-07
Equação 4	D4	3,60E-05	9,29e-06	6,27e-05	0,9973	8,40E-05	1,60E-06
	$\alpha 4$	1,731	1,537	1,924			
Equação 5	A5	6,99E-04	6,91E-04	7,06E-04	0,9999	1,69E-05	3,23E-07
	M5	1,72	1,71	1,73			
Equação 6	A6	7,54E-07	5,52E-08	1,45E-06	0,9996	3,07E-05	5,86E-07
	M6	1,612	-0,0987	3,322			
	P6	0,1984	-1,289	1,686			
Equação 7	A7	0,2042	0,1104	0,2981	0,9998	2,11E-05	4,03E-07
	M7	1,38	1,29	1,47			
	P7	2,905	2,867	2,944			

Todos os valores de  $R^2$  ficaram acima de 0,9223. Os erros foram verificados em todas as regressões e se mostraram mais sensíveis. Mesmo assim, RMSE e NRMSE apresentaram para todas as regressões valores menores que 1,32E-04.

O modelos 2 (Priddle) e 5 (Priddle Modificado) apresentaram melhores ajustes aos dados dos ensaios de propagação de trinca por fadiga do ADI T1, T2 e T3. As FIGURAS 8, 9



e 10 apresentam graficamente os erros residuais destas regressões e foram utilizadas para verificação de quais regiões de fadiga, os modelos se ajustaram melhor.

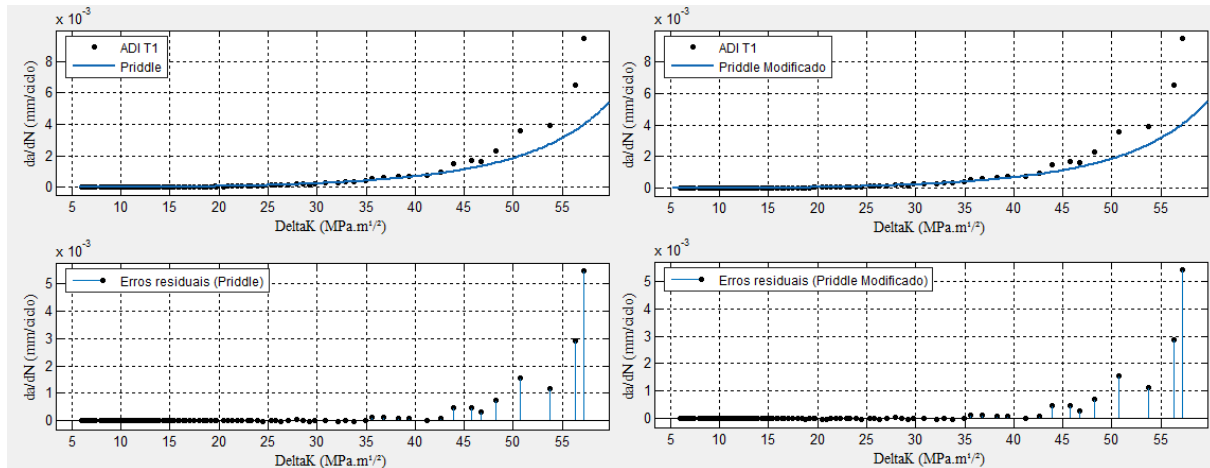


FIGURA 8 – Gráficos dos erros residuais das regressões da Equação 2 (Priddle) e Equação 5 (Priddle Modificado) aos dados de propagação de trincas por fadiga do ADI T1 com  $R = 0,1$ .

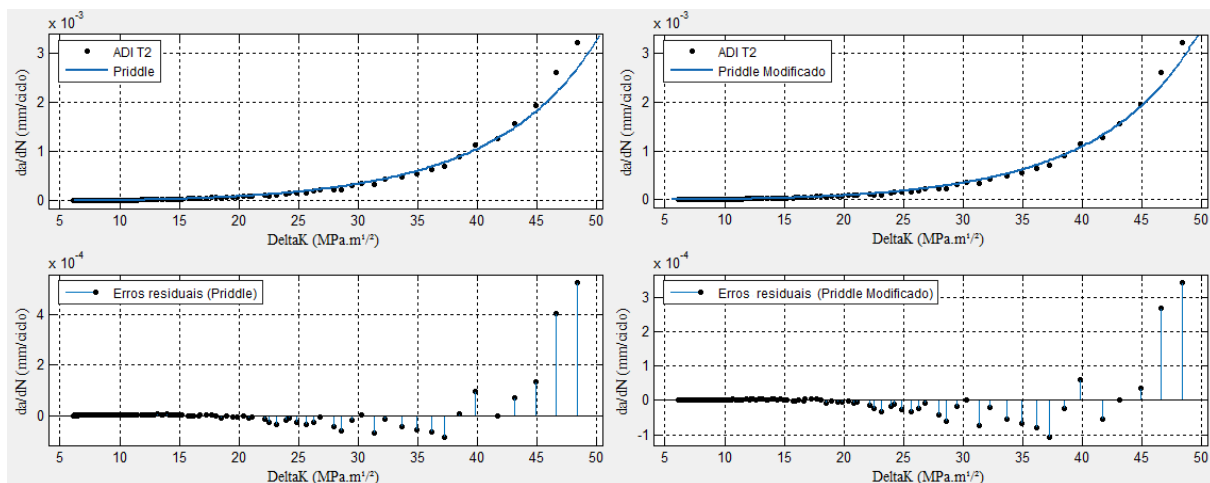


FIGURA 9 – Gráficos dos erros residuais das regressões da Equação 2 (Priddle) e Equação 5 (Priddle Modificado) aos dados de propagação de trincas por fadiga do ADI T2 com  $R = 0,1$ .

O modelo 5 foi o que melhor se ajustou ao ADI T1, que apesar de apresentar  $R^2$  igual aa modelo 2, possui menores valores RMSE e NRMSE. Para o ADI T2, o modelo 5 se ajustou melhor, apresentando mesmos valores de  $R^2$  que os modelos 2 e 7, mas possui menores valores de RMSE e NRMSE que ambos. O modelo 2 se ajustou melhor aos dados do ADI T3, que apresentou mesmo valor de  $R^2$  do modelo 5, porém o modelo 5 apresentou maiores valores de RMSE e NRMSE. Pode-se concluir também que os modelos que apresentaram melhores regressões aos dados, mostraram-se mais eficazes às regiões I e II do que à região III. Analisando os intervalos de confiança de 95%, nota-se que o modelo 6 não pode ser utilizado para os lotes de ADI T1 e ADI T2, pois no intervalo A6 e M6 passam por zero. O mesmo acontece com a constante A7 do modelo 7 para o ADI T1. Isso procede porque se algum desses parâmetros for zero, a equação passa a não mais depender de  $\Delta K$ .

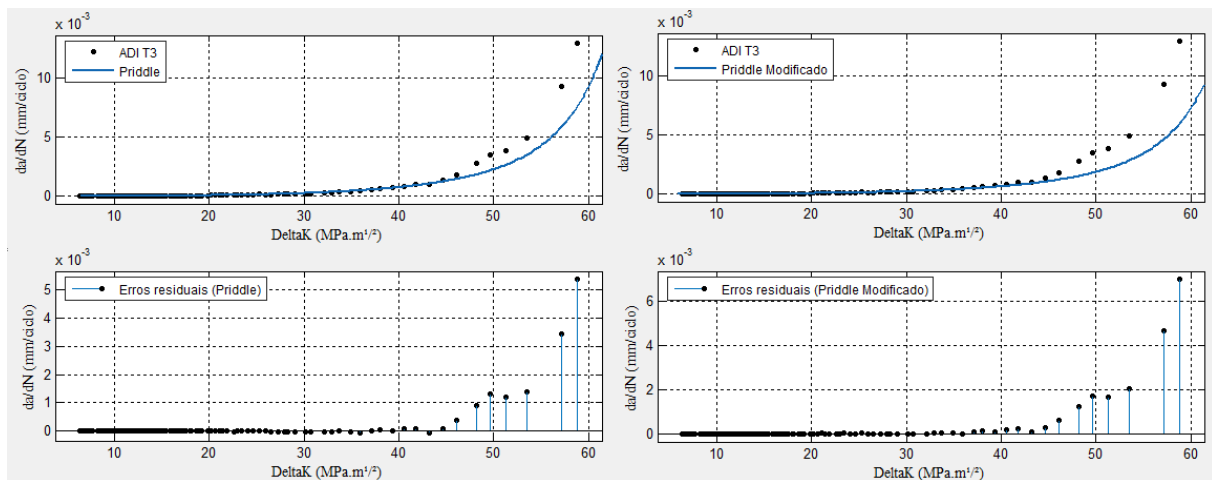


FIGURA 10 – Gráficos dos erros residuais das regressões da Equação 2 (Priddle) e Equação 5 (Priddle Modificado) aos dados de propagação de trincas por fadiga do ADI T2 com  $R = 0,1$ .

#### 4. Conclusão

Todas os modelos que descrevem as três regiões de fadiga avaliadas neste trabalho apresentaram  $R^2$  maior que 0,9223, porém os modelos de Priddle, McEvily, Forman modificado por Hartman, Priddle Modificado e 4P-2 apresentaram bons indicadores de regressão, sendo  $R^2$  maior que 0,99, bem como RMSE e NRMSE próximos de zero. A razão entre tensões para o ADI pouco influenciou nas inclinações das linhas de regressão da região II, mas notou-se um deslocamento das linhas de regressão para a esquerda à medida que  $R$  aumenta, podendo ser atribuído ao fechamento de trinca conforme previsto na bibliografia.

#### Referências

- ASLANTAS, K; TASGETIREN, S. Modelling of spall formation in a plate made of austempered ductile iron having a subsurface-edge crack. *Computational Materials Science*. Toronto, v. 29, p. 29-36. jan. 2004.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM E 647 (2000) Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates*. West Conshohocken, v.3, n. 1, 2000.
- BARTOSIEWICZ, L et al. Fatigue crack growth behavior of austempered ductile cast iron. AFS Transactions. Des Plaines. *AFS Transactions*. Schaumburg (il), v. 93, p. 135-142. jul. 1992.
- BERGNER, F; ZOUHAR, G. A new approach to the correlation between the coefficient and the exponent in the power law equation of fatigue crack growth. *International Journal Of Fatigue*. Toronto, v. 22, p. 229-239. jan. 2000.
- CASTRO, J. T. P; A MEGGIOLARO, M.. *Fadiga - técnicas e práticas de dimensionamento estrutural sob cargas reais de serviço: volume I – iniciação de trincas*. Rio de Janeiro, [S.l]: [s.n.], 2009.
- DIAS, José Felipe. *Estudo do Comportamento à Fadiga em Ferro Fundido Nodular Austemperado (ADI) Sujeito a Carregamento de Amplitude Variável*. 2006. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- DIAS, J F et al. Correlação Entre Parâmetros Microestruturais do Ferro Fundido Nodular Austemperado (ADI) com suas Propriedades à Fadiga Utilizando uma Abordagem Baseada na Mecânica de Fratura. *65º Congresso Anual da ABM*. Rio de Janeiro, p. 3249-3259. jul. 2010.
- DIAS, J F et al. The Effect of Reducing the Austempering Time on the Fatigue Properties of Austempered Ductile Iron. *Materials Science And Engineering A*. Toronto, v. 556, p. 408-413. out. 2012.
- DINDA, S; KUJAWSKI, D. Correlation and prediction of fatigue crack growth for different R-ratios using



- Kmax and  $DK\beta$  parameters. *Engineering Fracture Mechanics*. Toronto, v. 71, p. 1779-1790. jun. 2004.
- HAIR, J F et al. *Multivariate Data Analysis*. 6. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006. 899 p.
- IACOVIELLO, F et al. Ductile cast irons: microstructure influence on fatigue crack propagation resistance. *Fratatura Ed Integrità Strutturale*. Cassino, v. 13, p. 3-16. jul. 2010.
- IBAÑEZ, G R J. *Transição de Trincas Bidimensionais para Unidimensionais*. 2010. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de (Engenharia Civil), PUC-rio, Rio de Janeiro, 2010.
- IRWIN, G R. Fracture Dynamics. *Fracturing Of Metals, American Society For Metals*. Russell Township (oh), p. 147-166. jan. 1948.
- JONES, R; MOLENT, L; WALKER, K. Fatigue crack growth in a diverse range of materials. *International Journal Of Fatigue*. Toronto, v. 40, p. 43-50. jul. 2012.
- KUMAR, A. Study of the Stress Ratio Effects on Fatigue Crack Growth using Lowess Regression. *International Conference On Advances In Civil, Structural And Mechanical Engineering*. Hong Kong, p. 47-51. 2013.
- KUMAR, A; MURTHY, A R; IYER, N R. Enhanced Model for Describing Total Fatigue Rate Curve Considering Stress Ratio Effects. *Advances In Structural Engineering*. Thousand Oaks (ca), v. 17, n. 7, p. 1011-1027. jul. 2014.
- LIN, C K; LAI, P K; SHIH, T S. Influence of Microstructure on the Fatigue Properties of Austempered Ductile Iron-I. High Cycle Fatigue. *International Fatigue Journal*. Toronto, v. 18, n. 5, p. 297-307. jul. 1996.
- LUKÁCS, J. Fatigue crack propagation limit curves for different metallic and non-metallic materials. *Materials Science Forum*. Zürich, v. 414-415, p. 31-36. 2003.
- MAIERHOFER, J; PIPPAN, R; GÄNSER, H P. Modified NASGRO equation for physically short cracks. *International Journal Of Fatigue*. Toronto, v. 59, p. 200-207. fev. 2014.
- MEGGIOLARO, M A; CASTRO, J T P. Equacionamento da Curva de Propagação de Trincas por Fadiga. *III Seminário de Mecânica Fratura / Integridade Estrutural (ABM)*. 1997.
- MERTLER, A, C; A VANNATTA, R. *Advanced and Multivariate Statistical Methods – Practical Application and Interpretation*. Los Angeles: Pyczak Publishing, 2001. 347 p.
- MONTGOMERY, D C. Design and Analysis of Experiments. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 684 p.
- ORTIZ, J; CISILINO, A P; OTEGUI, J L. Effect of microcracking on the micromechanics of fatigue crack growth in austempered ductile iron. *Fatigue & Fracture Of Engineering Materials & Structures*. New York, v. 24, n. 9, p. 591-605. dez. 2001.
- PARIS, P C; ERDOGAN, F. A critical analysis of crack propagation laws. *Journal Of Basic Engineering*. Toronto, v. 85, p. 528-534. dez. 1963.
- PUGNO, N et al. A Generalized Paris' Law for Fatigue Crack Growth. *Journal Of The Mechanics And Physics Of Solids*. Toronto, v. 54, p. 1333-1349. jul. 2006.
- YANG, J; PUTATUNDA, S K. Near threshold fatigue crack growth behavior of austempered ductile cast iron (ADI) processed by novel two-step austempering process. *Materials Science & Engineering A*. Toronto, v. 393, p. 254-268. fev. 2005.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade de Itaúna por todo o suporte oferecido.

## **Estudos sobre a influência da umidade interna de fibras de bambus na resistência à tração das fibras de bambu e de compósitos de resina poliéster com fibras de bambu gigante**

**Luiz Henrique Marra da Silva Ribeiro<sup>1</sup>**

**Lucas Misael de Aguiar<sup>2</sup>**

**Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>3</sup>**

**Oswaldo Sena Guimarães<sup>4</sup>**

**José Felipe Dias<sup>5</sup>**

**Resumo:** Com o objetivo de se desenvolver um gerador eólico de pequeno porte, feito com material não convencional e em sua maioria biodegradável, a influência da umidade interna das fibras de bambu nas propriedades mecânicas e dimensões de três espécies de bambu foram estudadas. As espécies estudadas foram de bambu mossô, cana da Índia e gigante, e as propriedades observadas foram resistência à tração, compressão e cisalhamento. A resistência à tração de compósito de resina poliéster com fibras de bambu gigante, com proporções de 0%, 10%, 20% e 30% do volume da matriz foram verificados. Também foi verificada a influência da umidade interna na aderência, via cisalhamento nesses compósitos. Os objetivos do trabalho foram desenvolver um gerador eólico de pequeno porte feito em sua maioria de material não convencional e biodegradável. Para isso, foi necessário verificar a influência da umidade na resistência à tração de três diferentes espécies de bambu e compósito de resina poliéster com bambu, verificar a resistência à tração, compressão e cisalhamento das espécies de bambu em condições de umidade interna “ambiente”, e identificar qual a proporção de resina poliéster/fibra de bambu possibilita uma maior resistência à tração no compósito.

**Palavras-chave:** Fibras de bambu. Resina poliéster. Compósito. Umidade. Resistência à tração.

<sup>1</sup>. Engenheiro Mecânico, Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna; Mestrando em Estatística Aplicada e Biometria, UNIFAL, luiz.marra@outlook.com.

<sup>2</sup>. Engenheiro Mecânico, Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna; Especialista em Segurança do Trabalho, Universidade de Franca, lucas\_misael@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>. Professor, Mestre / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, labmetal@uit.br.

<sup>4</sup>. Professor, Mestre / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, chim.sena@gmail.com.

<sup>5</sup>. Professor, Doutor / Faculdade de Engenharia, Universidade de Itaúna, jfelipe@uit.br.

### **1. Introdução**

De acordo com Ghavami (2005) e Ghavami (2008), as fibras de bambu podem ser utilizadas na área estrutural com ou sem reforço de diferentes tipos de matrizes, como por exemplo terra e compósitos de cimento. Na era industrializada, os principais fatores de escolha de material são preço e aplicação. Porém, devido ao sistema educacional voltado para materiais convencionais, os países em desenvolvimento não utilizam os materiais disponíveis

por falta de informação técnica dos mesmos (Ghavami, 2005; Ghavami, 2008; Freire e Beraldo, 2003).

De acordo com Liese (1992) e Chung e Yu (2002), a seleção da espécie do bambu deve ser considerada para a aplicação, pois as dimensões e propriedades das espécies podem variar consideravelmente. Mesmo assim, as variações das propriedades das mais de 550 espécies e 30 gêneros de bambu (Freire e Beraldo, 2003) são menores do que madeiras em geral, pois suas estruturas são mais simples (Ghavami, 2005; Chung e Yu, 2002). Estudos de bambus como materiais de aplicação estrutural são restritos (Ghavami, 2005; Ghavami, 1995; Ghavami, 2008; Liese, 1992) e diferença metodológica nas obtenções das propriedades são comuns (Freire e Beraldo, 2003).

A umidade interna dos bambus exerce influência nas propriedades mecânicas das madeiras em geral. A umidade interna das fibras de bambu varia para diferentes alturas do bambu, mesmo após sua colheita, e com período de secagem, as dimensões também variam com a umidade (Rapp, A. O. e Sailer, 2000; Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012). O bambu recém-cortado apresenta normalmente umidade de 80%, e depois de 4 meses em condições ambientais, ele passa a apresentar umidade interna entre 10% e 15% (Freire e Beraldo, 2003). Esta umidade deve ser mantida para que a resistência mecânica seja otimizada, pois acima desta umidade a vida do material fica comprometida, pois há grandes chances de haver mofo (Ghavami, 2005; Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012).

A maioria dos estudos sobre propriedades mecânicas dos bambus são realizadas nas seções sem nó, mesmo sabendo-se que os nós exercem influência na resistência mecânica dos bambus. Isto se deve ao fato de que para aplicações na indústria, estudando-se apenas as seções sem nó, é possível obter informações suficientes para sua aplicação (Shao, et al., 2010). No caso específico da resistência à tração, os nós fragilizam esta propriedade mecânica o que pode ser explicado pelo fato das fibras nos nós gerarem tensões transversais, ou devido as discontinuidades das fibras quando estas chegam aos nós (Freire e Beraldo, 2003; Shao, et al., 2010).

De acordo com Esteves e Pereira (2009), normalmente os tratamentos em madeiras são realizados entre 160°C e 260°C. Conforme o autor, existem vários métodos de tratamento, porém o processo da Thermowood que é a patente de tratamentos de madeiras mais extensa da Europa, realiza os tratamentos com temperaturas acima de 150°C por períodos entre duas a dez horas, e deve-se perder no mínimo 3% da massa no processo. Quando tratado a 200°C essa perda de massa é consideravelmente maior que qualquer outra temperatura para mesmos períodos de tratamento.

Conforme Yun et al. (2016), no intervalo entre 120°C e 180°C há um aumento do módulo de elasticidade, e redução na resistência à flexão. Considerando o tratamento com óleo de Manalo e Acda (2009), a tensão de ruptura é reduzida, bem como há uma menor absorção de água no pós-tratamento, quando o bambu é tratado a 200°C quando comparado a 160°C, e não houve significância entre tempos de 30 e 60 minutos. Os tratamentos realizados com ar e à pressão atmosférica causaram danos, porém insignificantes, à resistência à tração no estudo de Ochi, Takagi, e Niki (2002), os tratamentos entre temperaturas de 140°C e 160°C não interferiram na resistência à tração, bem como não houve diferença significativa no tempo de tratamento entre 0,5 e 2 horas. De acordo com Kim et al. (2001), no intervalo de 300°C a 340°C foi verificada degradação em regiões cristalinas no bambu, deve-se portanto evitar

tratamentos acima desta faixa.

Nas duas últimas décadas fibras naturais vêm substituindo as sintéticas em compósitos por terem menor densidade, ser mais baratas, renováveis e biodegradáveis, e possuírem propriedades aceitáveis. A desvantagem é que a fibra natural deve ter compatibilidade com a matriz polimérica para haver boa aderência (Prasad e Rao, 2011; Dhakal, et al., 2007). Para fibras de linho em matriz de resina poliéster, a aderência média foi verificada entre 14,2 e 16,4 MPa e entre 16,1 e 29,3 MPa para fibras de vidro em matriz de resina poliéster (Baley, et al., 2006). Como demonstrado por Araújo, et al. (2006), no compósito de fibra de vidro/resina poliéster, a partir de certa concentração de fibras na matriz, a resistência à tração tende a reduzir. Uma explicação se deve ao fato de que a resina, por ser de alta viscosidade, não consegue preencher completamente todos os espaços entre as fibras, que ficam sobrepostas umas sobre as outras na matriz (Okubo, et al., 2004). Os compósitos reforçados por fibras, além de compatibilidade dada pela estabilidade química e aderência entre a fibra e a matriz, também depende da resistência e módulo da fibra e da matriz (Naveen, et al., 2014).

A absorção de água pela resina poliéster pode ser danosa à matriz pois a água prejudica a ação do catalisador (Naveen, et al., 2014). A umidade também pode danificar a aderência de contato matriz/fibras (Dhakal, et al., 2007), e interferir no cisalhamento superficial, visto que as dimensões da fibra de bambu variam em função da sua umidade. Este aumento da área de seção transversal gera uma tensão de compressão, o que melhora a fixação fibra/resina (Tsenoglou, et al., 2006; Sabnani, et al., 2013). A absorção de umidade também interfere negativamente na aderência superficial da matriz às fibras (Dhakal, et al., 2007). Aditivos podem ser utilizados na matriz para evitar tais danos (Naveen, et al., 2014).

Com o objetivo de se desenvolver um gerador eólico de pequeno porte, foi verificar a resistência a tração dos materiais que serviriam para fabricar o suporte e hélices do gerador para espécies bastante diferentes entre si: bambu mossô, gigante e cana da Índia, e também de compósitos de resina poliéster com fibras de bambu gigante, para várias proporções de fibras, e determinar a maior eficiência da matriz. Para tal, ensaios de tração foram realizados para diferentes espécies e compósitos com diferentes proporções de fibras de bambu gigante foram testados. Também foi verificada a influência da umidade interna das fibras para as diferentes espécies de bambu e da umidade interna da fibra de bambu gigante na resistência dos compósitos, por ensaios de cisalhamento puro, em seções entre resina e fibra.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Fibras de bambu**

Para considerar a variação das propriedades entre as diversas espécies de bambu, foram selecionadas três espécies de diferentes portes, melhores descritos na Tabela 1 e Tabela 2. Estes bambus foram obtidos em uma empresa brasileira especializada na produção de bambus para aplicação estrutural, pois assim teríamos um melhor controle sobre aspectos importantes como: idade, data de colheita e altura da seção utilizada. As seções utilizadas foram as partes inferiores dos bambus, por terem maior retilidade, sendo de até 5 metros acima do solo para o bambu gigante, 3 metros para mossô e 2 para o cana da Índia. Além disso, adquiriram-se bambus tratados pela empresa, os quais foram removidos a seiva, tratados termicamente em autoclave, e quimicamente com ACC (Arseniato de Cobre Cromatado). Com esses bambus foram confeccionados os corpos de prova considerados o

grupo de controle, pois são menos susceptíveis a alterações de umidade e ataques de fungos e insetos.

As umidades dos corpos de prova foram adquiridas logo antes de cada um dos ensaios destrutivos e seus dados estão descritos na Tabela 4. Um instrumento Testo 606 foi utilizado para estas verificações. Para os ensaios de tração, foi utilizada uma máquina universal de ensaios EMIC, modelo DL-20000. Já as densidades e variações nas dimensões foram obtidas com amostras de diferentes bambus com dimensões pré-estabelecidas. Onde o volume foi verificado com a imersão das amostras em tubos volumétricos e massa obtida com uma balança de precisão da marca Marte, modelo AD2000.

TABELA 1 – Especificações dos bambus estudados.

Nome Popular	Nome Científico	Idade (anos)	Distância entre nós (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)
Bambu gigante	Dendrocalamus giganteus	7	518,8	118,91	10,40
Bambu mossô	Phyllostachy pubescens	7	354,1	70,03	6,54
Bambu cana da Índia	Phyllostachys aurea	7	196,4	32,73	4,15

TABELA 2 – Dimensões médias de propriedades geométricas dos bambus.

Espécie	Distância entre nós (mm)	Diâmetro externo (mm)	Espessura (mm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Bambu gigante	518,8	118,91	10,40	0,73
Bambu mossô	354,1	70,03	6,54	0,85
Bambu cana da Índia	196,4	32,73	4,15	0,78

Os corpos de prova foram confeccionados de acordo com a Figura 1 e Tabela 3. A Figura 2 exibe algumas fraturas de corpos de prova. As dimensões D1, D, t, L, L1 e L2 foram selecionada depois de vários testes, de forma que o corpo de prova não trincasse e as fraturas fossem similares às encontradas na literatura.

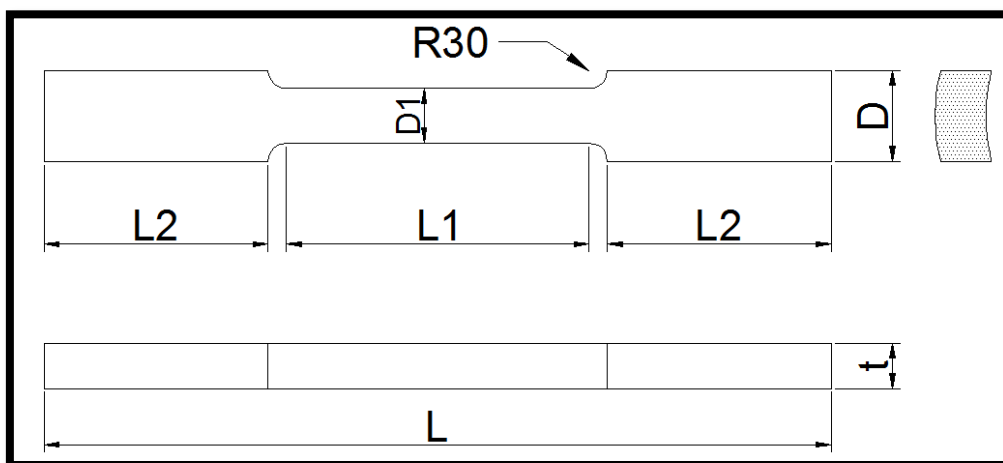


FIGURA 1 – Representação dos corpos de prova.



FIGURA 2 – Fraturas observadas nos corpos de prova fabricados de bambu gigante com e sem nó, mossô com e sem nó, e cana da Índia com e sem nó, da esquerda para direita.

TABELA 3 – Dimensões gerais dos corpos de prova para as diferentes espécies.

Espécie	D (mm)	D1 (mm)	L (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
Gigante	~ 20	~ 10	~ 200	~ 60	~ 70
Mossô	~ 16	~ 8	~ 180	~ 60	~ 60
Cana da Índia	~ 12	~ 6	~ 160	~ 60	~ 50

TABELA 4 – Estatísticas das umidades internas dos corpos de prova para as diferentes espécies e condições com e sem nó.

Espécie	Condição	Estatísticas			Espécie	Condição	Estatísticas		
		$\bar{x}$ (%)	S	n			$\bar{x}$ (%)	S	N
Gigante sem nó	Ambiente	18,60	2,67	6	Mossô com nó	Ambiente	14,86	0,38	6
	Tratado em ar	8,62	3,02	6		Tratado em ar	9,00	1,79	6
	Saturado	38,67	3,39	6		Saturado	35,87	4,05	6
	Controle	20,57	1,99	6		Controle	13,83	0,41	6
Gigante com nó	Ambiente	17,50	2,51	6	Cana da Índia sem nó	Ambiente	15,89	0,93	6
	Tratado em ar	8,67	2,80	6		Tratado em ar	6,33	0,52	6
	Saturado	32,14	6,64	6		Saturado	25,62	0,92	6
	Controle	20,00	2,62	6		Controle	15,22	0,44	6
Mossô sem nó	Ambiente	15,00	0,00	6	Cana da Índia com nó	Ambiente	15,43	0,53	6
	Tratado em ar	8,00	2,93	6		Tratado em ar	10,83	0,75	6
	Saturado	30,29	5,99	6		Saturado	22,57	2,44	6
	Controle	13,50	0,53	6		Controle	15,44	0,73	6

Os corpos de prova “saturados” foram imersos em água por 48 horas, então deixou-se retirar o excesso da umidade em ambiente por 120 minutos, e todos os ensaios foram realizados em até 40 minutos após isso. As umidades internas foram verificadas logo antes do

ensaio. Já para o tratamento em ar e à pressão atmosférica foi selecionado por ser o menos complicado e menos danoso, segundo a literatura, foi realizado em um forno mufla GP Científica (GP-2000G-M). A faixa de temperatura foi estabelecida na faixa entre 150°C e 160°C, que foi a faixa mais elevada que a literatura indicava não haver perda da resistência à tração e que a taxa de perda de umidade era mais acentuada. Já os tempos de tratamento variaram de acordo com a espécie de bambu, pois as espessuras dos mesmos variam, sendo o bambu gigante o de maior volume foi tratado por 120 minutos, seguido pelo mossô que ficou 70 minutos e o cana da Índia, sendo o menor, ficou 50 minutos. Esses tempos foram estabelecidos após vários testes preliminares. Após os tratamentos, os corpos de prova foram deixados por 120 minutos em condições ambientais para que sua umidade estabilizasse e os ensaios foram realizados em até 40 minutos após a estabilização, sendo as umidades verificadas logo antes dos ensaios. A Tabela 5 indica as condições dos tratamentos realizados.

TABELA 5 – Condições utilizadas para redução das umidades internas dos bambus.

Espécie	Duração (min.)	Faixa de temperatura (°C)	Tempo de descanso (Minutos)
Gigante	120	150 – 160	120
Mossô	70	150 – 160	120
Cana da Índia	50	150 – 160	120

## 2.2 Compósito

Para o compósito biodegradável, a resina poliéster foi utilizada como matriz, fabricada conforme procedimento do fabricante, e fibras de bambu gigante. As proporções de fibra/resina, em volume e massa encontram-se resumidas na Tabela 6.

TABELA 6 – Proporções de fibras de bambu e resina poliéster utilizadas neste estudo.

Proporção de fibra (% vol.)	Proporção de fibra (% wt.)	Corpos de prova utilizados
0	0,00	6
10	6,86	6
20	14,23	6
30	22,14	6

Como o objetivo deste estudo foi verificar uma utilização de resíduos de processamento de bambu, as fibras foram fabricadas como tal, portanto mais grossas e compridas do que as fibras feitas especificamente para compósito, que são geralmente mais finas e em formato de algodão. As estatísticas das dimensões das fibras estão descritas na Tabela 7 e algumas fibras estão representadas na Figura 5a.

TABELA 7 – Dimensões das fibras de bambu utilizadas.

	Média (mm)	Desvio padrão (mm)
Espessura	0,579	0,243
Comprimento	126,604	28,73

Os corpos de prova dos compósitos foram fabricados com fibras de bambu gigante sem tratamento, conforme a Figura 5b, por aproximação à norma ASTM D638-02a (2002), de ensaios para metais, para facilitar a fixação na máquina de ensaio. Para verificação da influência da umidade interna do bambu na aderência, dada pela resistência ao cisalhamento entre as faces de bambu e resina poliéster, foram realizados ensaios de resistência ao



cisalhamento (aderência) em corpos de prova representados pela Figura 5c.

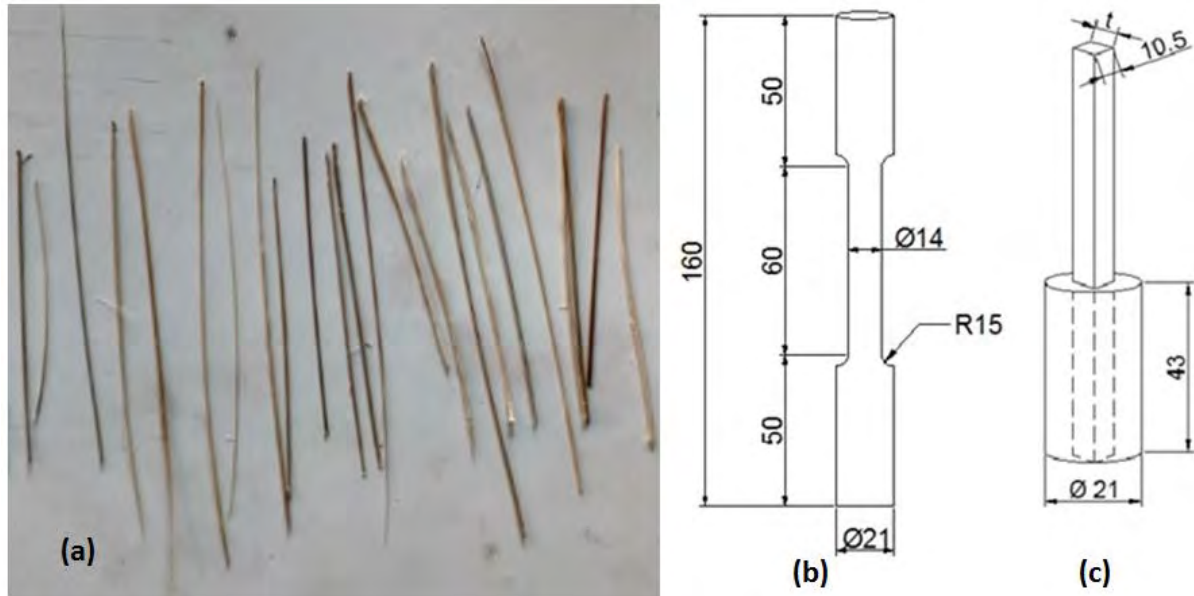


FIGURA 5 – (a) Fibras utilizadas para o compósito. (b) Representação dos corpos de prova de compósito utilizados em mm. (c) Representação dos corpos de prova utilizados para se verificar aderência da resina nos bambus com variação da umidade interna em mm.

Para a condição com baixa umidade interna dos bambus, as fibras foram tratadas em um forno mufla GP Científica, modelo GP-2000G-M, com temperatura variando entre 150°C e 160°C por 120 minutos. Posteriormente, ficou em temperatura ambiente por 120 minutos, antes de ser adicionada a resina.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1 Fibras de bambu

As Tabelas 8 e 9 apresentam as variações médias das dimensões e massas para as diferentes condições estudadas e para as diferentes espécies. As dispersões dos resultados de resistências à tração para as espécies de bambu estudadas estão representadas nas Figura 6. As condições utilizadas encontram-se descritas para cada espécie de bambu, sendo: ambiente (A), saturado em água (S), tratado em ar (SA), grupo de controle tratado pela empresa especializada (T), para seções com nó (CN) e sem nó (SN).

TABELA 8 – Variações médias das massas das espécies de bambu estudadas para as variações médias de umidade das condições estabelecidas.

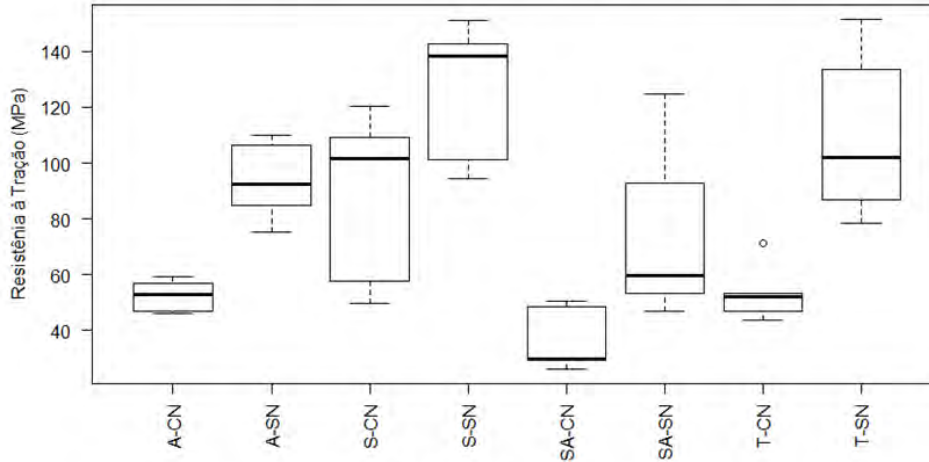
Espécie	Condições Consideradas				
	Ambiente	Tratado em ar	Perda (%)	Saturado	Acréscimo (%)
Gigante	5,60	4,91	12,32	8,45	50,89
Mossô	2,97	2,68	9,76	4,00	34,68
Cana da Índia	2,03	1,83	9,85	2,64	30,04

Conforme informado por Wakchaure e Kute (2012), houve um ganho de resistência à tração das fibras de bambu, no geral, com a redução da umidade.

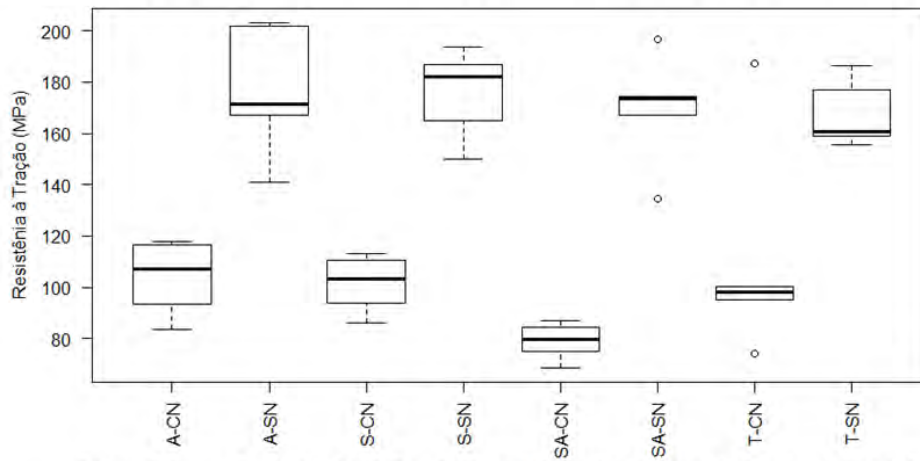




Disposões das Resistências à Tração Para Várias Condições do Bambu Gigante



Disposões das Resistências à Tração Para Várias Condições do Bambu Mossô



Disposões das Resistências à Tração Para Várias Condições do Bambu Cana da Índia

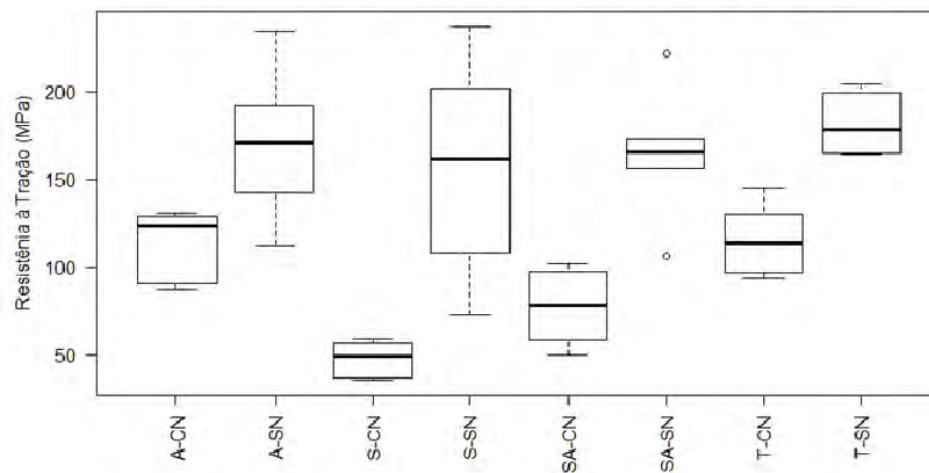


FIGURA 6 – Resistências à tração obtidas nos ensaios destrutivos das amostras de bambu gigante, mossô e cana da Índia para as condições utilizadas.



TABELA 9 – Variações médias das dimensões das espécies de bambu estudadas para as variações médias de umidade das condições estabelecidas.

Espécie	Dimensão	Condições Consideradas				
		Ambiente	Tratado em ar	Dif. (%)	Saturado	Dif. (%)
Gigante	T	12.10	11.71	-3.22	13.20	9.09
	D1	7.31	7.04	-3.69	7.67	4.92
	L	103.48	103.94	0.44	103.88	0.39
Mossô	T	6.40	5.77	-9.84	6.55	2.34
	D1	7.26	6.52	-10.19	7.31	0.69
	L	86.42	85.92	-0.58	86.45	0.03
Cana da Índia	T	4.44	3.86	-13.06	4.52	1.80
	D1	6.54	6.02	-7.95	6.77	3.52
	L	105.60	104.97	-0.60	105.62	0.02

### 3.2 Compósito

Os resultados dos ensaios de tração dos compósitos de fibra de bambu em condição ambiental (15% de umidade) e resina poliéster estão representadas na Figura 7a. A Figura 7b representa as fraturas dos corpos de prova e seções de áreas úteis dos corpos de prova de compósitos ensaiados à tração.

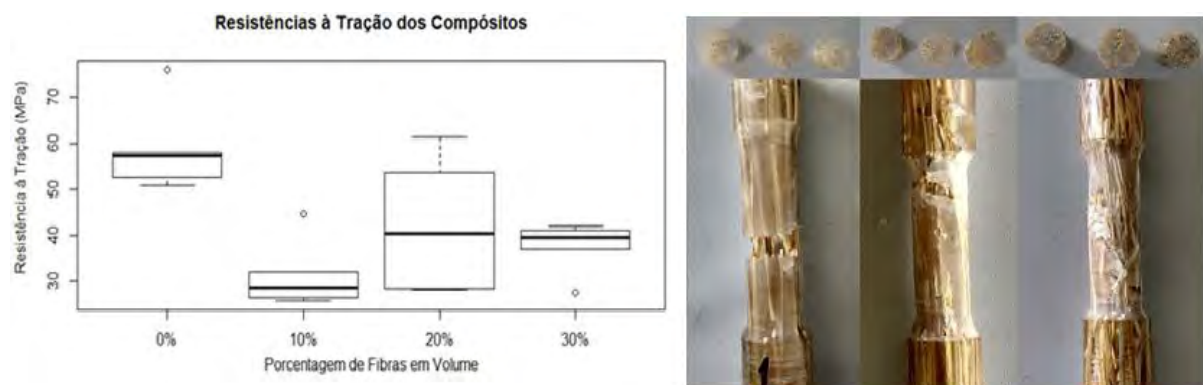


FIGURA 7 – (a) Resistência à tração dos compósitos para as várias proporções de fibra. (b) Fraturas nos corpos de prova e seções de áreas úteis de corpos de prova de compósitos ensaiados. Da esquerda para a direita, 10%, 20% e 30% de fibra de bambu no volume.

Os resultados dos ensaios de cisalhamento para diferentes umidades internas dos bambus estão sumarizados na Tabela 10 a seguir.

TABELA 10 – Resistência ao cisalhamento para diferentes umidades internas.

Condição do bambu utilizado	Média da umidade interna do bambu (%)	Resistência ao cisalhamento médio (MPa)	Desvio padrão da resistência ao cisalhamento (MPa)
Ambiente	15,0	0,73	0,27
Tratado	7,5	2,13	0,20

Como pode ser observado, a resistência à tração utilizando-se o bambu com baixa umidade interna é quase o triplo dos com umidade interna elevada. A Figura 8a representa o



suporte criado para realizar o cisalhamento no corpo de prova prevenindo a compressão no mesmo. A Figura 8b mostra um dos corpos de prova após os ensaios de cisalhamento. A Figura 8c mostra o mofo encontrado nos compósitos utilizando-se fibras com 15% de umidade interna e armazenados em condições ambientais, sete dias após os ensaios.

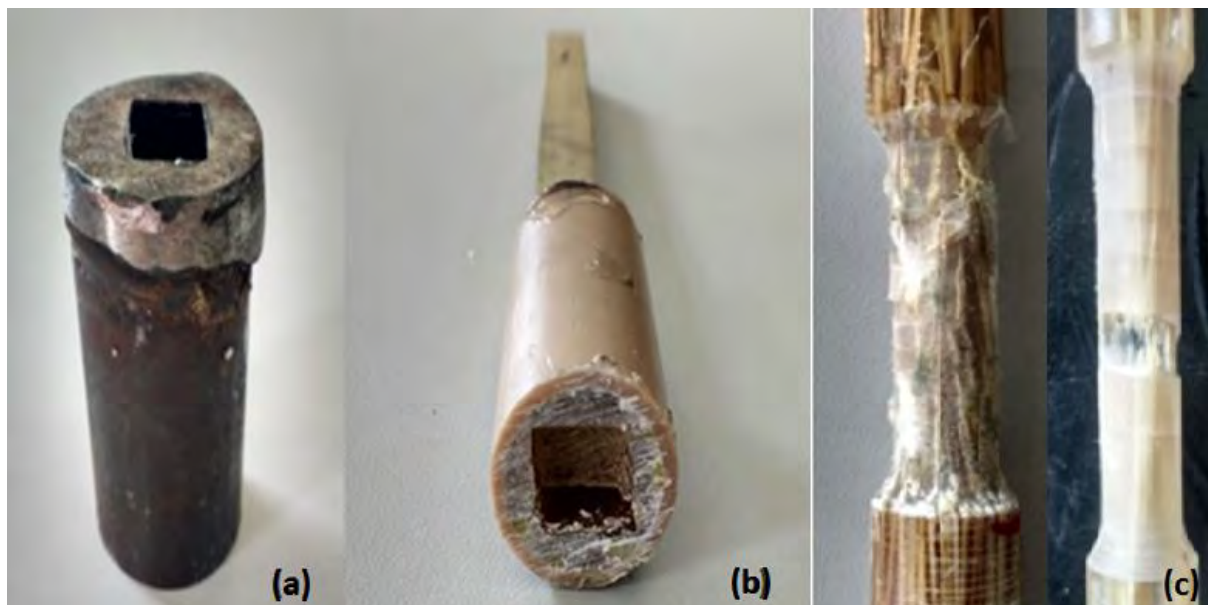


FIGURA 8 – (a) Suporte utilizado para realizar o ensaio de cisalhamento. (b) Corpos de prova após ensaio de cisalhamento. (c) Mofo nas fibras do compósito, 7 dias após realização dos ensaios. Imagem da esquerda 30% de fibra em volume, e 10% para a da direita.

Como informado na literatura (Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012), a umidade afetou consideravelmente as dimensões das fibras, o que pode afetar montagens de precisão, que é o caso do gerador eólico de pequeno porte que pretende-se projetar e criar.

Pela Tabela 9 nota-se que em todo tratamento foi atingido o valor mínimo de perda de umidade, de 3% da massa, no processo conforme sugerido por Esteves e Pereira, (2009).

Conforme esperado pela literatura (Ghavami, 2005; Freire e Beraldo, 2003; Wakchaure e Kute, 2012), foi verificado mofo no compósito de resina poliéster com fibras de bambu, com 10% e 30% de fibras no volume, 7 dias após a realização dos ensaios, mesmo com a utilização de fibras com relativamente baixa umidade interna, de 15%.

## 5. Conclusão

A resistência à tração para seções com nó e sem nó, quando em umidades mais elevadas do bambu mossô, se mostrou superior às outras condições. O bambu mossô, se mostrou mais estável tanto para as condições propostas, quanto comparando-se com o controle.

As dimensões dos bambus variaram consideravelmente com a variação da umidade, algumas espécies apresentando média de mais de 10%, mas não são proporcionais a variação das massas. Portanto, além de se expandir quando em maiores umidades, o bambu também preenche seus vazios. Isso deve ser considerado para montagens mais precisas.



Verificou-se que os compósitos de resina poliéster/fibra de bambu apresentaram a resistência à tração máxima quando em 30% do volume de fibras. Entretanto, eles apresentaram uma resistência à tração menor que a resina poliéster pura, indicando não haver boa compatibilidade entre esta fibra natural e esta resina polimérica.

Também foi verificado que em baixa umidade interna o bambu tem melhor aderência à resina. Isto pode ser explicado pela melhor aderência superficial para o compósito quando em baixa umidade interna das fibras. Pela diminuição do seu volume quando as fibras estão com baixa umidade e aumento quando em alta umidade pela capacidade de absorção de umidade. Pela fragilização que há na resina poliéster quando em contato com água. E pela fragilização das fibras por mofo quando as fibras estão com maior umidade interna.

## Referências

- ARAÚJO, E. M. et al. Fiberglass Wastes/Polyester Resin Composites: Mechanical Properties and Water Sorption. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. São Carlos (sp), v. 16, p. 332-335, 2006.
- ASTM D638-02a, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. *ASTM International*. West Conshohocken, PA. 2002. <www.astm.org>, acesso em 05/10/2016.
- BALEY, C. et al. Influence of chemical treatments on surface properties and adhesion of flax fiber–polyester resin. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Toronto, v. 37, p. 1626–1637, 2006.
- CHUNG, K.F.; YU, W. K. Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings. *Engineering Structures*. Toronto, v. 24, p. 429–442, 2002.
- DHAKAL, H.N. et al. Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. *Composites science and technology*. Toronto, v. 67, p. 1674-1683, 2007.
- ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Heat treatment of wood. *BioResources*. Raleigh (nc), v. 4, p. 370-404, 2009.
- FREIRE, W. J. e BERALDO, A. L. Tecnologias e materiais alternativos de construção. v. 1. Unicamp, 2003.
- GHAVAMI, K. Ultimate load behavior of bamboo-reinforced lightweight concrete beams. *Cement and Concrete Composites*. Toronto, v. 17, p. 281-288, 1995.
- GHAVAMI, K. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement & Concrete Composites*. Toronto, v. 27, p. 637–649, 2005.
- GHAVAMI, K. Bamboo: Low cost and energy saving construction materials. *Modern Bamboo Structures – First International Conference*. p. 5-21, 2008.
- KIM, D. et al. "Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood." *Holzforschung*. Berlim, v. 55 (5), p. 521-524, 2001.
- LIESE, W. The Structure of Bamboo in Relation to its Properties a Utilization. *Proceedings of the International Symposium on Industrial Use of Bamboo*. Beijing, China, pp. 95–100, 1992.
- MAHZUZ, H. M. A. et al. Determination of several properties of a bamboo of Bangladesh. *Journal of Civil Engineering Research*. Rosemead (ca), v. 3, p. 16-21, 2013
- MANALO, R. D.; ACDA, M. N. Effects of Hot Oil Treatment on Physical and Mechanical Properties of Three Species of Philippine Bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*. Selangor Darul Ehsan, Malásia, v. 21, p 19-24, 2009.
- NAVEEN, J. et al. Effect of Moisture Absorption on the Tensile Behavior of Woven Hybrid Natural Fiber Reinforced Polymer Composites. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*. Tamilnadu, India, v. 3, p. 1091-1095, 2014.
- OCHI, S., TAKAGI, H.; NIKI, R., Mechanical Properties of Heat-Treated Natural Fibers, Proc. *1st High Performance Structures and Composites*. Billerica (ma), p.117-125, 2002.



- OKUBO, K. et al. Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Toronto, v. 35, p. 377–383, 2004.
- PRASAD, A.V. R.; RAO K. M. Mechanical properties of natural fiber reinforced polyester composites: Jowar, sisal and bamboo. *Materials and Design*. Toronto, v. 32, p. 4658–4663, 2011.
- RAPP, A. O.; SAILER, M. Heat treatment of wood in Germany-state of the art. *Proceedings of the seminar on production of heat treated wood in Europe*. Madison (wi). v. 20, 2000.
- SABNANI, C. et al. Can Bamboo Replace Steel as Reinforcement in Concrete, for the key Structural Elements in a Low Cost House, Designed for the Urban Poor?. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*. Maharo, India, v. 1, p. 257-262, 2013.
- SHAO, Z. P. et al. Differences in Structure and Strength Between Internode and Node Sections of Moso Bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*. Selangor Darul Ehsan, Malásia v. 22, p. 130-138, 2010.
- TSENOGLOU, C. J. et al. Evaluation of interfacial relaxation due to water absorption in fiber–polymer composites. *Composites Science and Technology*. Toronto, v. 66, p. 2855–2864, 2006.
- WAKCHAURE, M. R.; KUTE, S. Y. Effect of Moisture Content on Physical and Mechanical Properties of Bamboo. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*. New York, v. 13, p. 753-763, 2012.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade de Itaúna por todo o suporte oferecido.

## **Detecção de Pessoas por meio de Cascata de Classificadores e Descritor Hog para Dispositivos Móveis**

**Cleiton Silva Tavares<sup>1</sup>**

**Marco Túlio A. N. Rodrigues<sup>2</sup>**

**César Augusto de Oliveira Soares<sup>3</sup>**

**Resumo:** Este trabalho apresenta a construção de um método destinado a ajudar condutores de veículos utilizando dispositivos móveis. O objetivo é fazer a detecção de pedestres e, conseqüentemente, contribuir para a diminuição de acidentes. A solução pode ser utilizada em diferentes cenários, a partir de um sistema de semáforo, locomotiva, veículos autônomos e veículos comuns. O método se baseia em cascata de classificadores e o descritor Hog para realizar a detecção de pedestres. A definição da resolução auxiliaram na construção dos protótipos. Os resultados apresentados demonstram a viabilidade do método o que foi validado pelos resultados alcançados na detecção.

**Palavras-chave:** Detecção de objetos, Classificadores, Descritores de característica

1. Ciência da Computação, Bacharelado, Universidade de Itaúna, cleitonsilvatavares@gmail.com.
2. Ciência da Computação, Doutorado, UIT, tulio.rodrigues@gmail.com.
3. Ciência da Computação, Mestrado, UIT, FAPAM, cesaroliveira18@hotmail.com

Marque a forma de apresentação desejada: (X) oral; ( ) pôster



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## Introdução

Mesmo não se tratando de um tema novo, a visão computacional vem trazendo muitas contribuições com suas bases de pesquisas, dentre suas diversas aplicações, este trabalho terá como foco o sistema de detecção de pessoas, sendo abordado dois algoritmos capazes de realizar a detecção, sendo eles o Haar Cascade e o Hog Descriptor.

[Vedaldi and Fulkerson 2010] apresenta que a maioria dos algoritmos de visão computacional são relativamente novos e quando uma aplicação que utiliza esses algoritmos fica disponível eles se limitam a serem utilizados apenas em ambientes muito específicos. E de acordo com [Viola et al. 2005], os algoritmos de visão computacional que utilizam detecção, demonstra que um detector pode ser treinado para obter informações de movimento, tentando rastrear objetos em movimento ao longo de muitos quadros e, em seguida, analisar o movimento para procurar periodicidade, ou outras pistas, mas também pode ser implementado um detector que seja capaz de utilizar como base de informações o movimento e a intensidade, executando a busca exaustiva sobre a imagem inteira em todas as escalas, usando grandes conjuntos de dados para alcançar a detecção e com taxas de falsos positivos muito baixos.

[Gavrila and Philomin 1999] demonstram em seu trabalho que, pode ser necessário o uso de vários sensores para dar ao condutor de um veículo, informações relevantes sobre o ambiente e, se desejar, poder executar tarefas simples de controle do veículo.

Diante dessas informações, pode-se notar que para a utilização de uma dessas tecnologias só seria possível em um ambiente específico, onde seria necessário abandonar recursos que são utilizados hoje, e investir uma quantia significativa para a aquisição de câmeras ou sensores adequados para poder utilizar esses recursos tecnológicos, ou até mesmo realizar a compra de um novo veículo que já possua componentes tecnológicos que permitam a utilizam desses recursos.

Para não ficarmos limitados a ambientes específicos onde existe a demanda da aquisição de equipamentos específicos para a utilização de recursos disponibilizados pela visão computacional, podemos buscar uma forma alternativa para que consigamos atingir um número maior de usuários, onde conforme é apresentado por [Felt et al. 2011] a partir de 2011, o Android Market já incluiu mais aplicações do que a Apple App Store e apresentado por [Android a] que o Android é um sistema operacional que move mais de um bilhão de



dispositivos ao redor do mundo, desde smartphones e tablets a relógios, Tvs, carros, voltaremos nosso foco em tentar desenvolver nossa aplicação para esta plataforma, podendo assim tentar atingir o maior número de usuários possíveis.

O problema consiste em dada uma sequência de vídeo como entrada, detectar pessoas dentro de um raio de detecção fornecendo a saída esperada em um tempo eficiente.

Com a realização de pesquisas, análises e avaliação dos métodos utilizados para detecção de pessoas e conhecendo o funcionamento da biblioteca OpenCV, este trabalho pretende desenvolver um sistema de detecção de pessoas em tempo real que poderá ser utilizado pelo próprio dispositivos móvel de forma a atender a população sem a necessidade de realizar grandes investimentos financeiros, de forma a auxiliar o condutor de um veículo podendo assim impactar positivamente para a diminuição do número de acidentes de trânsito.

O trabalho tem como principal contribuição o estudo na área de Visão Computacional, propondo um protótipo que utilize um método de detecção de pessoas em tempo real para dispositivos móveis.

### **Principais Trabalhos Relacionados**

Esta seção descreve os principais trabalhos utilizados como referência para o desenvolvimento deste projeto.

#### **Detecting Pedestrians Using Patterns of Motion and Appearance**

[Viola et al. 2005] combinam detectores com base de informação de movimento com detectores baseados em informações de aparência(intensidade) utilizando um algoritmo de detecção treinado (usando AdaBoost para selecionar um subconjunto de recursos e construir o classificador). Com o uso de um único classificador para a detecção exigiria muitos recursos e, assim, ser muito lenta para operação em tempo real, eles propuseram uma arquitetura em cascata para fazer o detector eficiente.

Pode ser observado nas Figuras 1 e 2 alguns exemplos de detecção realizadas pelos detectores de pedestres dinâmico e estático, respectivamente.



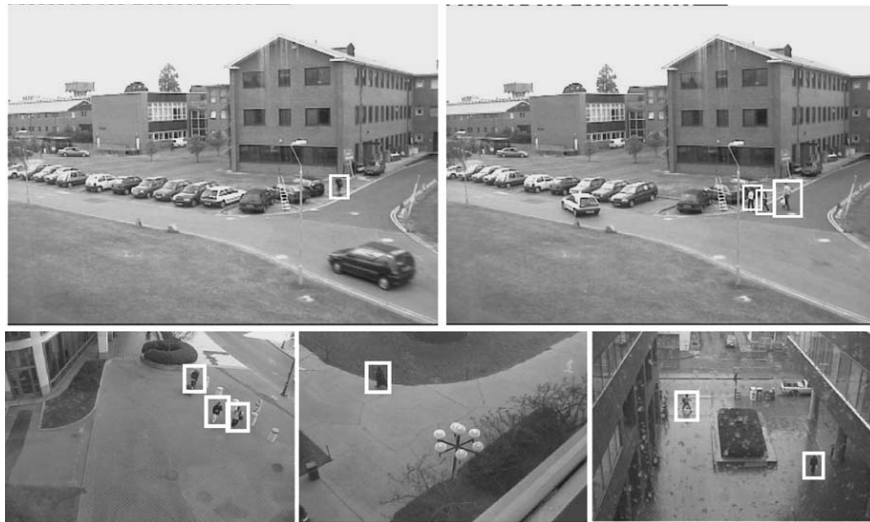


Figura 1. Exemplos de detecções para a detector dinâmico [Viola et al. 2005].

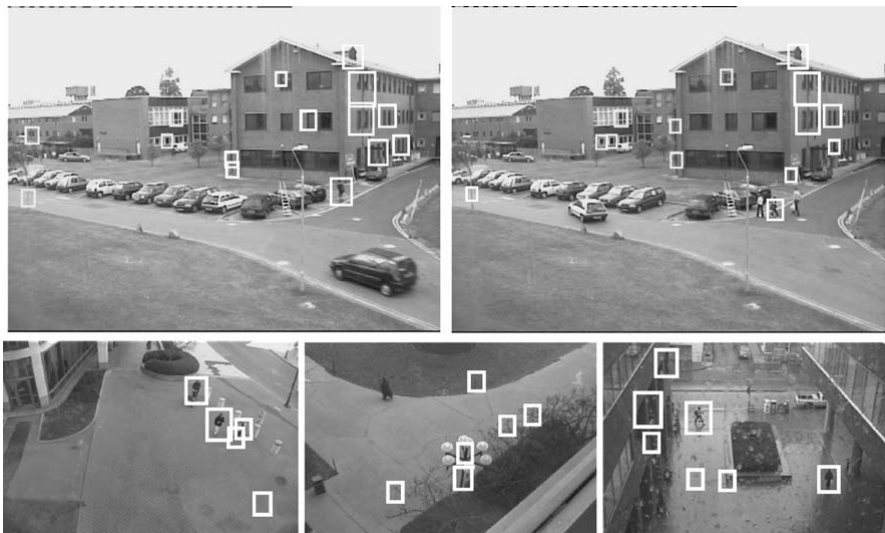
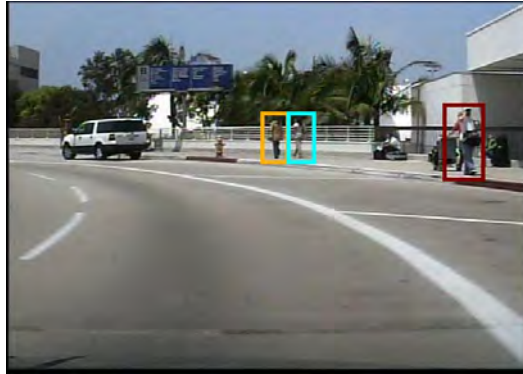


Figura 2. Exemplos de detecções para o detector estático [Viola et al. 2005].

### Real-time Pedestrian Detection with Deformable Part Models

[Cho et al. 2012] descrevem um sistema de detecção de pedestres em tempo real que utiliza uma análise de restrições geométricas para pesquisar de forma eficiente pirâmides de recursos. O sistema de detecção baseia-se em uma simplificação na estrutura de algoritmo de cascata em estrela para um modelo deformável à base de parte. Utilizando o modelo baseado no HOG em parte deformável como parte de um sistema de rastreamento de detecção que se destina ao uso com um veículo autônomo, bem como um sistema de alerta precoce para a

segurança do condutor. Exemplos de resultado de detecção do sistema podem ser observados pela Figura 3.



**Figura 3. Resultados de detecção do sistema de detecção de pedestres. Com um modelo deformável baseado em parte, o sistema detecta pedestres até 25m de forma confiável [Cho et al. 2012].**

## Metodologia

Esta sessão descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos protótipos responsáveis em realizar a detecção de pessoas.

O sistema de detecção de pedestres em tempo real que será utilizado consiste basicamente na utilização de três etapas: (a) aquisição do vídeo (b) pré-processamento (c) verificação de características (d) marcação de detecção.

O processo do sistema inicia-se pela arquitetura do detector de pessoas, na definição de qual método será analisado. O vídeo sempre estará capturando informações em tempo real, por meio de uma câmera de celular. Enquanto o vídeo está sendo capturado, os frames são processados em escala de cinza para servir de entrada para o detector de pessoa.

As características utilizadas para definir os critérios de detecção são os valores padrões disponibilizados pelo próprio método escolhido, onde os valores de detecções realizadas são armazenadas.

Os resultados de detecção realizados servem de entrada para o sistema de marcação de detecção, que no resultado final consiste em apresentar em todo momento uma marcação de um retângulo de cor verde em todos os objetos que foram detectados.



## Resultados e Validações

Esta seção descreve os resultados obtidos através dos experimentos realizados com os protótipos responsáveis em realizar a detecção de pessoas.

Para o desenvolvimento dos protótipos foram utilizados a ferramenta Android Studio 2.2.2.0, o OpenCV Manager 2.20, biblioteca versão 2.4.11.0, ARM v7a with Neon and VFPv4.

As imagens utilizadas foram obtidas através de vídeos capturados através do aplicativo AZ Screen Recorder disponibilizado pela Google Play que permite gravar a tela do Android.

Foram desenvolvidos 2 protótipos utilizando dois métodos de detecção de pessoas utilizando o conjunto de características do corpo de pessoas padrões, disponibilizadas pelo próprio método da biblioteca Opencv.

O processo de detecção de pessoa ocorre em um programa móvel, podendo ser utilizado em qualquer lugar, desde que haja luminosidade o suficiente para que uma pessoa seja detectada. O protótipo se apresenta em forma de um aplicativo, desenvolvido para aparelhos com o sistema operacional Android, podendo ser instalado em qualquer dispositivo móvel que possua os requisitos mínimos para que haja um bom funcionamento.

O primeiro passo foi a definição de qual tipo de resolução a ser utilizada para a realização dos experimentos. Para isso foram analisados dois itens, a não ocorrência de perda de frames e qual tornaria o conteúdo capturado o mais próximo da realidade.

Para esse passo foram utilizados 2 aparelhos para a realização dos testes, sendo eles:

Asus Zenfone 2 Laser - CPU: Qualcomm Snapdragon 410 MSM8916 Cortex-A53 Quad-Core, 1.2 GHz, 2GB DDR RAM, câmera traseira de 13 MP com capacidade de gravar vídeos com uma resolução de 1920x1080 pixels;

Samsung Galaxy S6 - CPU: SAMSUNG Exynos 7420, Quad-core 1.5 GHz Cortex-A53 + Quad-core 2.1 GHz Cortex-A57, 3GB DDR RAM, câmera traseira de 16 MP com capacidade de gravar vídeos com uma resolução de 3840x2160 pixels.

Os testes iniciais utilizados com a resolução padrão de ambos os smartphones não foi detectado grandes problemas na utilização do método de Haar Cascade, mas não apresentaram resultados satisfatórios com o método de Hog Descriptor, por apresentar



inúmeras perdas de frames que estavam sendo capturados em tempo real por apresentar uma alta resolução.

Os testes realizados com ambos os aparelhos apresentaram perda de frames somente quando utilizado o método de Hog Descriptor com todas as configurações default, onde a resolução de captura do Galaxy S6 é 3840x2160 pixels e a do Asus Zenfone 2 Laser que é 1920x1080 pixels.

De acordo com testes realizados por [Silva 2015] com diferentes resoluções de vídeos, levando em consideração o tempo médio de processamento e a taxa de sucesso na detecção dos pedestres, que para os testes realizados encontrou a resolução 1280x520 pixels como sendo a com melhor eficiência.

Foram realizados testes com os 4 grupos de resoluções apresentadas por [Silva 2015] em ambos os dispositivos com o método de Hog Descriptor, pois o método de Haar Cascade não apresentou perda de frames ao executar com alta resolução:

1. Resolução de 1920x1080 pixels - Apresentou perda de frames;
2. Resolução de 1280x720 pixels - Apresentou perda de frames;
3. Resolução de 1280x520 pixels - Não apresentou perda de frames;
4. Resolução de 640x480 pixels - Não apresentou perda de frames;

Para tentar tornar o conteúdo capturado com o mais próximo da realidade, sem a perda de frames no decorrer da captura, escolhi utilizar a resolução de 1280x520 pixels, os demais parâmetros foram definidos de acordo com a utilização demonstrada por [Silva 2015]. Para as demais etapas dos testes, foi adotado o aparelho Asus Zenfone 2 Laser.

Com todos os parâmetros definidos foram realizados os testes de captura de vídeo em tempo real com os protótipos responsáveis pela detecção de pessoas, o resultado da detecção pode ser observado nas figuras 4 e 5 onde é demonstrada a detecção de pessoas com o método de Haar Cascade e na figura 6 utilizando o método de Hog Descriptor.

Vários fatores podem contribuir para a detecção correta ou a não detecção de pessoas, como a posição da pessoa, a quantidade de iluminação, a cor da roupa e do meio onde a pessoa se encontra, entre outros.

Com isso, foi comum a ocorrência de falsos positivos, onde eram detectados outros objetos que não fosse uma pessoa, como pode ser observado na figura 7 com Haar Cascade e na figura 8 com Hog Descriptor.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna



Figura 4. Detecção realizado por Haar Cascade

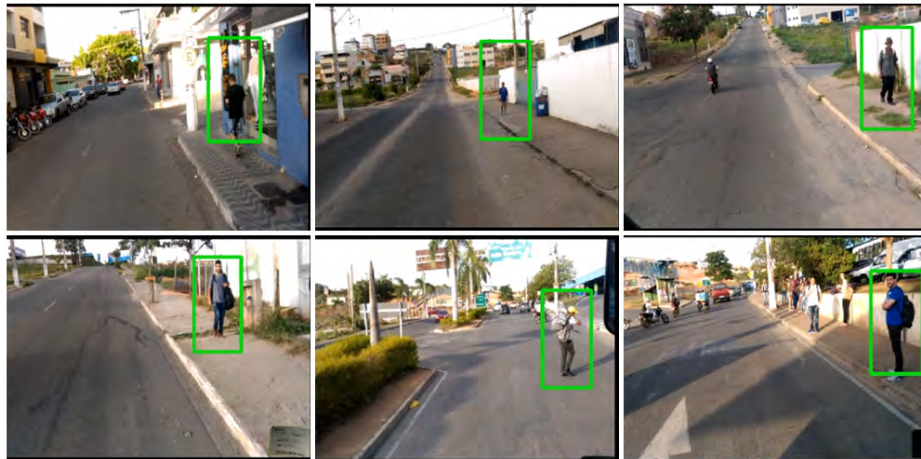


Figura 5. Detecção realizado por Haar Cascade

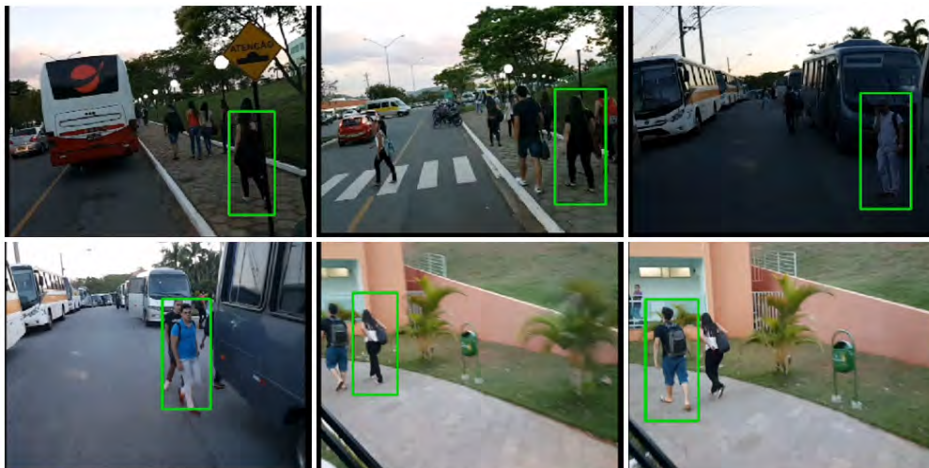


Figura 6. Detecção realizado por Hog Descriptor

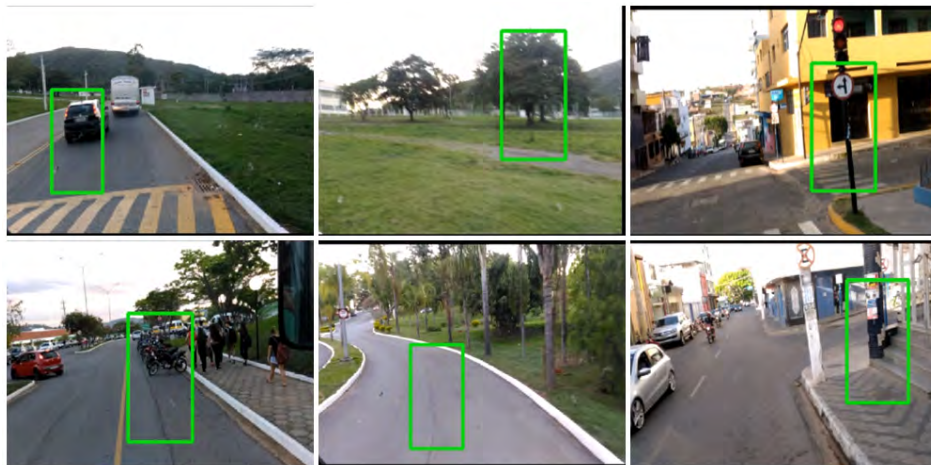


Figura 7. Falso positivo em Haar Cascade



Figura 8. Falso positivo em Hog Descriptor



Figura 9. Falso negativo em Haar Cascade



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna



**Figura 10. Falso negativo em Hog Descriptor**

Outro detalhe identificado foi a existência de falsos negativos, onde existiam pessoas que não foram detectadas pelos algoritmos conforme figura 9 que foi utilizada com Haar Cascade e na figura 10 com Hog Descriptor.

## **Conclusão**

Esta sessão trata das conclusões e incorporações futuras que poderão ser realizadas com base neste trabalho. Este trabalho é um ponto de partida para o estudo de técnicas mais eficientes para detecção de pessoas, tema de grande importância para a sociedade nos tempos atuais devido ao grande número de automóveis existentes.

A captura de vídeos com tráfego de pedestres se fez necessário para que os resultados fossem os mais reais possíveis. A manipulação desses vídeos foi de extrema importância para o andamento do projeto, impactando diretamente nos resultados dos experimentos

O principal foco deste trabalho foi tornar a rotina para detecção dos pessoas o processo mais simples possível, para que qualquer usuário possa utilizar o mesmo.

Mesmo com a existência de um resultado específico, a rotina de detecção tinha a possibilidade de variar o seu resultado drasticamente com a presença de falsos positivos e falsos negativos, que variam de acordo com o conjunto de parâmetros utilizado em sua chamada. Devido a essa circunstância, seguidos testes foram repetidos em busca de um variedade nos resultados.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

Nos experimentos de detecção apresentou uma grande variação nos resultados apresentados entre ambos os algoritmos. Ambos realizaram o que era proposto, a detecção de pessoas, mas também apresentaram falsos positivos e falsos negativos.

Para os testes realizados houve ocorrências em ambos os métodos, em que a detecção ocorria porém, também apresentavam situações de falso positivo ou falso negativo no mesmo frame, ou a ocorrência de falso positivo e falso negativo no mesmo frame em que foi detectado uma pessoa.

### **Trabalhos Futuros**

Após analisar os resultados foi possível encontrar alguns pontos que podem ser melhorados em relação a solução utilizada, buscando a produção de resultados melhores dos que foram obtidos nos protótipos desenvolvidos.

Para que se obtenha um melhor desempenho do algoritmo de detecção de pessoas é necessária uma otimização do mesmo, principalmente ao tempo de processamento, para que a utilização do mesmo em tempo real seja eficiente e confiável para ser utilizado. O desenvolvimento deste experimento utilizando apenas os exemplos default de dois métodos, demonstram que são válidos e podem ser aplicados, desde que seja realizada uma fase de treinamento com uma boa quantidade de exemplos para aumentar a precisão no ato da detecção.

### **Referências**

[Android a] Android. Revolucionando telas de todos os tamanhos. <https://www.android.com/>. Online; accessed 13 May 2016.

[Cho et al. 2012] Cho, H., Rybski, P. E., Bar-Hillel, A., and Zhang, W. (2012). Real-time pedestrian detection with deformable part models. In Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE, pages 1035–1042. IEEE.

[Felt et al. 2011] Felt, A. P., Chin, E., Hanna, S., Song, D., and Wagner, D. (2011). Android permissions demystified. In Proceedings of the 18th ACM conference on Computer and communications security, pages 627–638. ACM.





[Gavrila and Philomin 1999] Gavrila, D. M. and Philomin, V.(1999). Real-time object detection for "smart" vehicles. The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on.

[Silva 2015] Silva, E. D. L. (2015). Detecção de pedestres no trajeto a ser percorrido pelo automóvel.

[Vedaldi and Fulkerson 2010] Vedaldi, A. and Fulkerson, B. (2010). Vlfeat: An open and portable library of computer vision algorithms. In Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia, pages 1469–1472. ACM.

[Viola et al. 2005] Viola, P., Jones, M. J., and Snow, D. (2005). Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance. International Journal of Computer Vision, 63(2):153–161.

## **Redução das perdas metálicas por falta de qualidade geradas no processo de laminação da ArcelorMittal Itaúna- MG**

Raiane Aparecida Oliveira<sup>1</sup>

Denilson José do Carmo<sup>2</sup>

Márcio Rezende<sup>3</sup>

**Resumo:** Apresenta-se um estudo realizado na ArcelorMittal Itaúna-MG que tem como objetivo reduzir as perdas metálicas por falta de qualidade geradas no processo de laminação. São apresentados os tratamentos realizados para redução das perdas, as principais causas e consequências do problema. Mostram-se como estas perdas foram tratadas através da aplicação da metodologia PDCA e do uso das ferramentas da qualidade. Para estudar o problema foram realizados diversos desdobramentos e a partir da identificação dos parâmetros de processo críticos do mapa de processo, foi realizado o *Brainstorming* para identificação das possíveis causas. Os 5 Por quês forma elaborados para aprofundamento das análises e identificação das causas fundamentais. Finalmente realizou-se a priorização das causas, onde foram utilizados critérios de ocorrência, gravidade e detecção para definir as ações prioritárias. São apresentados os resultados e os ganhos obtidos pela empresa após a implementação das ações. Então, foram definidas as ações e estabelecidos os planos de ações que estão sendo implantados na unidade e acompanhados diretamente pela equipe.

**Palavras-chave:** Laminação. Perdas Metálicas Por Qualidade. Rendimento Metálico. PDCA.

- <sup>1.</sup> Graduanda em Engenharia de Produção/ Estagiária na ArcelorMittal Itaúna. ([raianeoliveiraap@yahoo.com.br](mailto:raianeoliveiraap@yahoo.com.br)).
- <sup>2.</sup> Engenheiro Industrial Mecânico/Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Pesquisador do SENAI Itaúna CETEF e Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade de Itaúna.
- <sup>3.</sup> Graduado em Ciências Contábeis/ Pós-graduado em Gestão e Produção, e Processos Metalúrgico, Analista de Assistência Técnica Senior na ArcelorMittal Itaúna.

## 1. Introdução

No mundo atual, caracterizado por rápidas e profundas mudanças nas áreas tecnológicas, econômicas e sociais, apenas as empresas que praticam a busca pela melhoria contínua encontram-se em posição realmente competitiva. O gerenciamento dessas empresas consiste em atingir as metas necessárias à sobrevivência e desenvolvimento das mesmas. As metas são alcançadas por meio do método gerencial, assim, a Engenharia de Produção é fundamental para essa gestão.

Em busca da melhoria contínua a ArcelorMittal Itaúna, desenvolve diversos projetos para melhorar o gerenciamento da unidade, além de apresentar ganhos em desempenho, redução dos custos e gerenciamento da qualidade de seus produtos. Um dos projetos que está sendo desenvolvido na unidade é a redução das perdas metálicas por falta de qualidade. Tais perdas são geradas quando o aço laminado não atende os limites de especificações, ou seja, não seguem os padrões de qualidade. Essas perdas impactam diretamente nos indicadores de desempenho da empresa, como por exemplo, o rendimento metálico.

As perdas por falta de qualidade ocorrem quando as barras de aço apresentam medidas fora dos limites de especificações dimensionais, defeitos superficiais (canal quebrado, frisos, palhas) e também falta de retineidade das barras (empeno nas extremidades). Serão apresentados a seguir os tratamentos utilizados para reduzir as perdas e para elevar os ganhos obtidos pela empresa após a implementação dos planos de ações.

## 2. Metodologia

Segundo Werkema (1995), o método utilizado para o alcance das metas de melhorias é o Ciclo PDCA de Melhorias que derivou o denominado Método de Análise e Solução de Problemas – MASP. Um esquema do ciclo PDCA é apresentado na FIGURA 1 segundo Campos, V.F (1992).

A metodologia PDCA trata-se de uma das ferramentas da qualidade utilizada nas empresas para buscar melhoria contínua de seus processos. Todos os dados utilizados para quantificação e priorização do problema, foram extraídos de banco de dados elaborados a partir de produtos não conformes. Estes dados são analisados criticamente e apresentados mensalmente em reuniões gerenciais da empresa. A seguir tem-se um resumo sobre o que é necessário para executar cada etapa do ciclo PDCA.

### 2.1 Planejamento(P)

O planejamento consiste em estabelecer as metas e o método para alcançar as metas propostas.

### 2.2 Execução (E)

A execução consiste em realizar as tarefas exatamente como foi previsto na etapa de planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa de verificação do processo.



## 2.3 Verificação (V)

A verificação consiste na análise dos dados coletados na execução de forma a comparar o resultado alcançado com a meta planejada.

## 2.3 Atuações corretivas (AC)

Esta etapa consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Existem duas formas de atuação possíveis:

- Adotar como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada.
- Agir sobre as causas do não atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

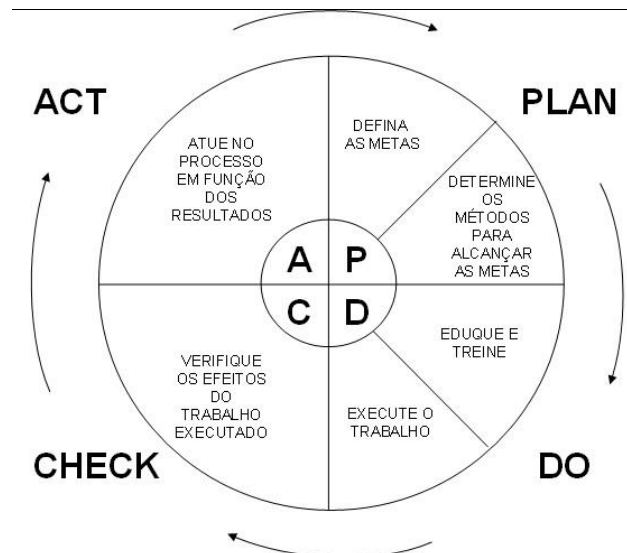


FIGURA 1 – Ciclo PDCA, segundo Campos, V.F. (1992).  
Fonte: Campos, V.F (1992).

Segundo Werkema (1995), o Ciclo PDCA é um método de gestão, representando o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. Na utilização do método, o grupo empregou várias ferramentas de qualidade para a coleta, o processamento, tratamento dos dados e a disposição das informações necessárias à condução das etapas do PDCA. O projeto teve início em Abril de 2017, com previsão de conclusão para Setembro de 2017. Seguiram-se as seguintes etapas do PDCA: Identificação do problema; Análise do fenômeno; Análise do processo; Estabelecimento do plano de ação; Execução do plano de ação; Verificação de resultados e Ação.

## 3. Resultados

### 3.1 Identificações do problema

Partindo da definição de que problema é “um resultado indesejável de um processo”,



realizou-se um levantamento dos indicadores de desempenho, com foco nas diretrizes de redução de custos definidas pela Gerência Geral da Usina e nas dimensões da qualidade como: qualidade, custo, atendimento, moral, segurança e marca da organização, visando aumentar a satisfação dos clientes e consequentemente garantir a competitividade da empresa.

A primeira etapa para realização do projeto foi a identificação do problema, para isso foi realizado um levantamento das perdas metálicas por falta de qualidade, geradas a partir do ano de 2012 até o ano de 2016, conforme mostrado no GRÁFICO 01.

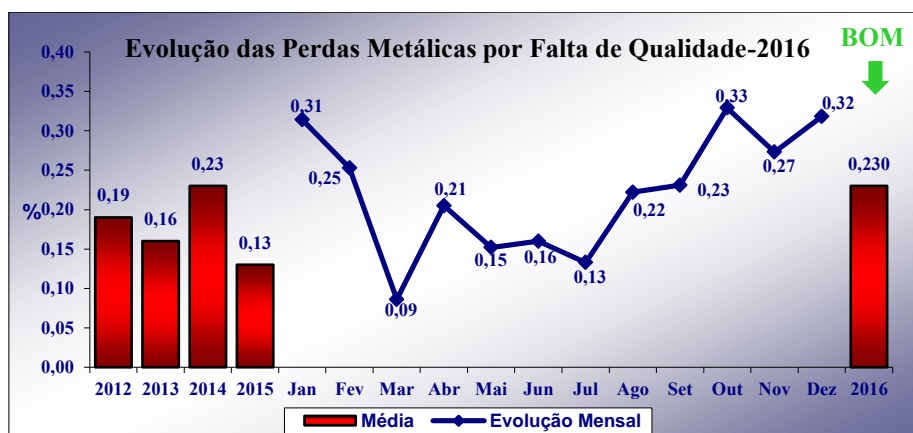


GRÁFICO 1 – Evolução das perdas metálicas por falta de qualidade-2016.

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

### 3.2 Análises do fenômeno

Com o objetivo de identificar as principais causas e características específicas do problema em questão, foi realizado um desdobramento para entender melhor onde as perdas ocorriam com maior frequência, conforme ilustrado no GRÁFICO 2.

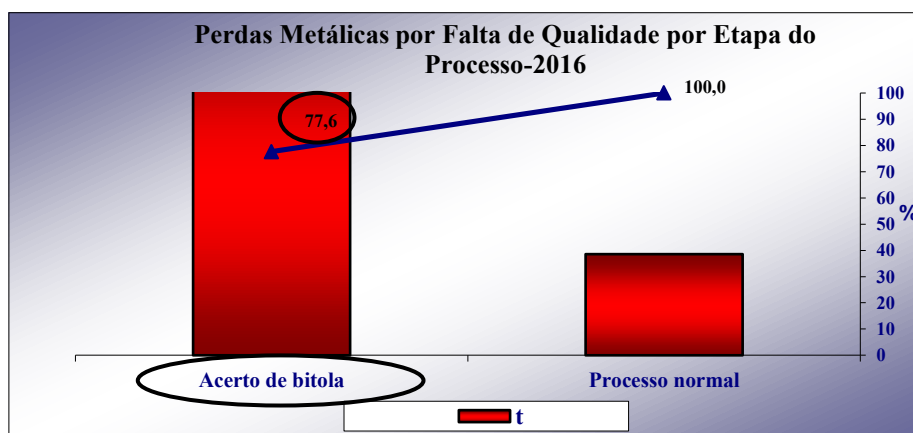


GRÁFICO2 – Perdas metálicas por falta de qualidade por etapa do processo.

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Após realizar o desdobramento, observa-se que, 77,6% das perdas por falta de



qualidade ocorrem durante o acerto de bitola, sendo esta uma etapa necessária para realizar ajustes no laminador, a fim de atender as especificações técnicas do produto final.

Após identificar que as maiores partes das perdas ocorrem no acerto de bitola, foi realizado um novo desdobramento para identificar quais produtos eram mais críticos no acerto de bitola, conforme o GRÁFICO 3 abaixo.

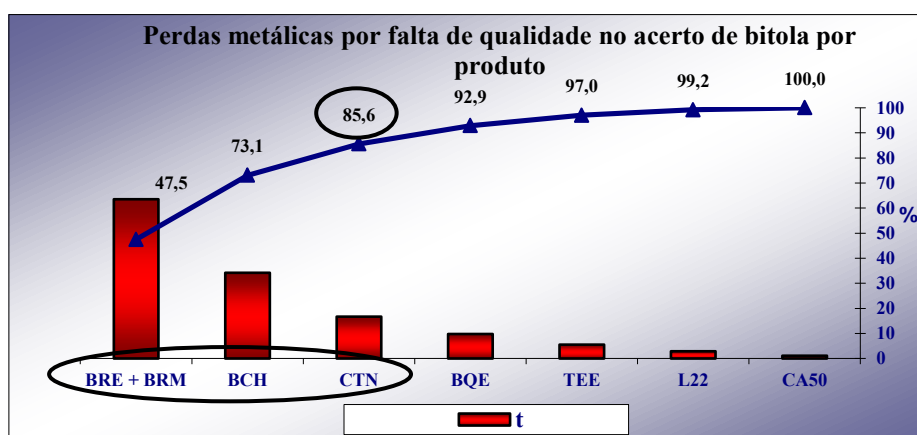


GRÁFICO3 – Perdas metálicas por falta de qualidade no acerto de bitola por produto.  
Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Conforme se pode observar, 85,6% das perdas de qualidade que ocorrem no acerto de bitola estão concentradas nos produtos BRE (barra redonda estrutural), BRM (barra redonda mecânica), BCH (barra chata) e CTN (cantoneira).

Buscando identificar os mais prováveis defeitos, que ocorrem nestes produtos, foi realizado um novo levantamento de dados, com o objetivo de identificar tais defeitos, conforme ilustrado no GRÁFICO 4.

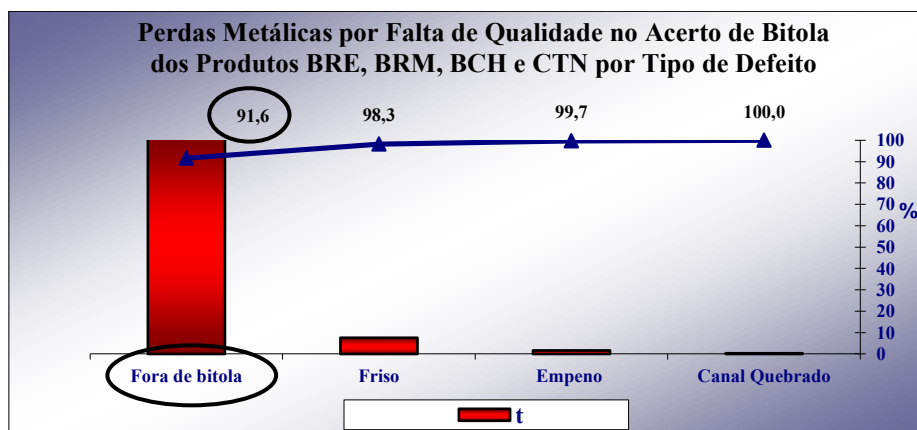


GRÁFICO4 – Perdas metálicas por falta de qualidade no acerto de bitola dos produtos BRE, BRM, BCH e CTN.  
Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Conforme se pode observar, 91,6% das perdas metálicas por falta de qualidade geradas

no acerto de bitola dos produtos BRE, BRM, BCH e CTN estão concentradas no defeito do tipo fora de Bitola.

Uma nova análise foi realizada para com o objetivo de identificar em qual turno era mais comum este tipo de defeito, conforme ilustrado no gráfico abaixo.

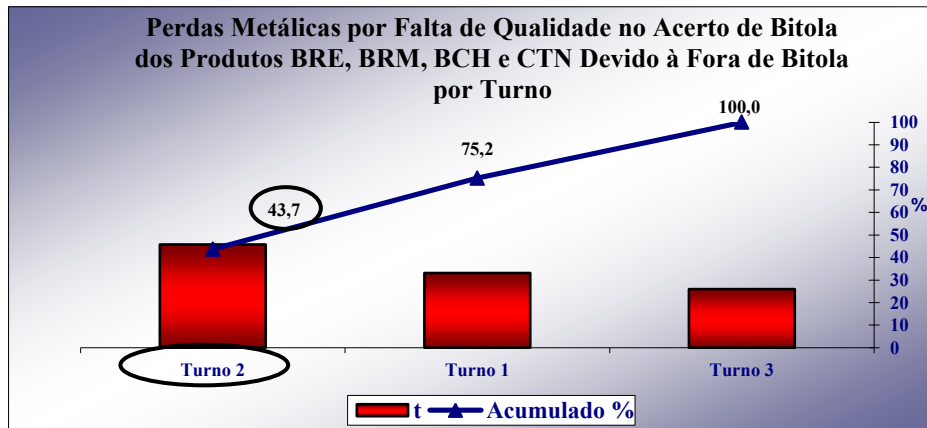


GRÁFICO 5– Perdas metálicas por falta de qualidade no acerto de bitola dos produtos BRE, BRM, BCH e CTN devido fora de bitola por turno.

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Conforme se pode observar, 43,7% das perdas de qualidade no acerto de bitola dos produtos BRE, BRM, BCH e CTN devido fora de bitola estão concentradas no turno 2.

Buscando compreender o desempenho do turno 2, foi realizadas novas análise agora focando apenas no turno 2, ilustrado pelo GRÁFICO 6.

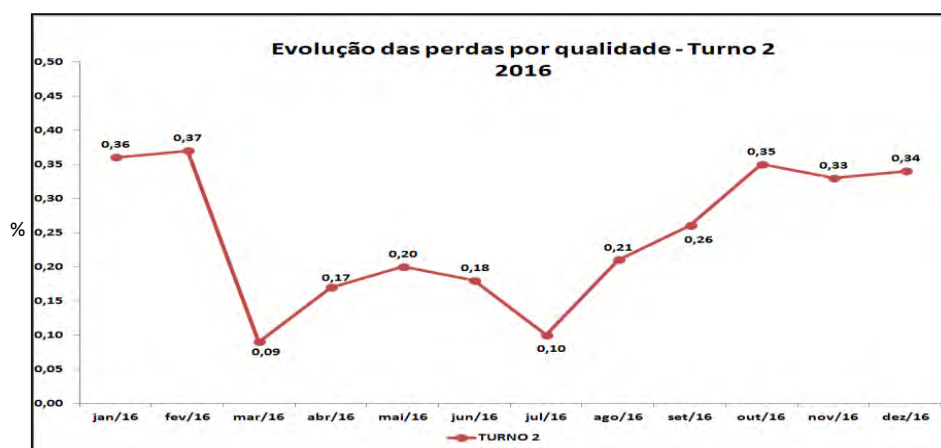


GRÁFICO 6 – Evolução das perdas metálicas por falta de qualidade do turno 2.

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Conforme ilustrado no gráfico, após cinco meses de resultados dentro do esperado (março a agosto), houve um aumento das perdas metálicas por falta de qualidade no turno 2, a partir de Setembro de 2016, podendo estar correlacionado com a redução do número de

operadores da empresa que ocorreu neste período.

Visto que era necessário observar o que ocorria no turno 2, foram realizados novos levantados dados ao longo de 2016 e os também levantamentos função do horário das ocorrências das perdas, que será ilustrado a seguir.

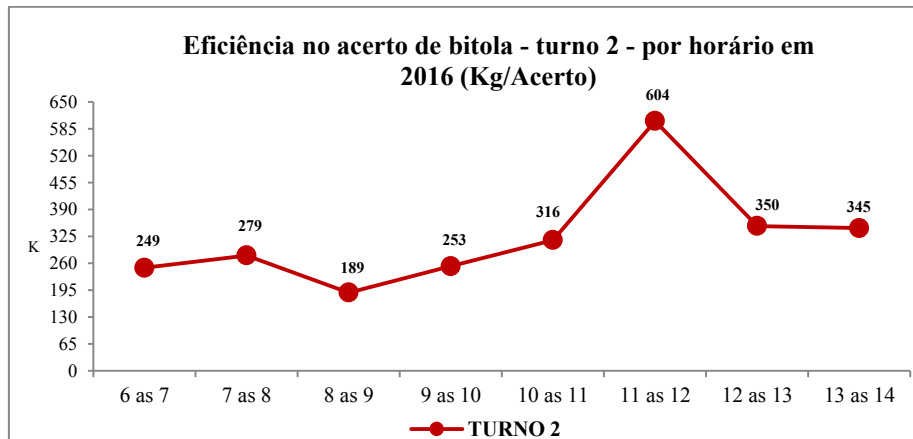


GRÁFICO 7 – Eficiência no acerto de bitola – turno 2 por horário- 2016 (kg/Acerto)  
Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).

Conforme se pode observar, o período mais crítico no turno 2 é de 10 às 14 horas (horário de almoço), período este que o laminador fica mais vulnerável devido a redução do número de pessoa no local de trabalho.

Analisando os desdobramentos se pode concluir que o problema prioritário é: perdas metálicas por falta de qualidade geradas no acerto de bitola dos produtos BRE, BRM, BCH e CTN devido ao motivo fora de bitola e estão concentradas no turno 2.

Após identificar onde o problema era prioritário, foi iniciada a próxima etapa do PDCA (Análise de Processo).

### 3.3 Análise do Processo

A partir da identificação dos parâmetros críticos do mapa de processo, conforme ilustrado pelo ANEXO A, foi realizado *Brainstorming* para identificação de possíveis causas, e em seguida elaborado os 5 por quês para aprofundamento das análises e identificação das causas raízes do problema. Foi utilizada a matriz de priorização, ilustrada no QUADRO 1, para definir quais causas seriam tratadas inicialmente, para isso foram utilizados critérios de ocorrência, gravidade e detecção.

Após a definição dos planos de ação, ilustrado no QUADRO 2, foi iniciada a etapa de execução dos planos de ações, onde cada responsável teria um prazo para cumprir suas ações pendentes, com o objetivo de contribuir para a redução das perdas metálicas por falta de qualidade.





MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO - Análise das causas de perdas por qualidade					
Provável Causa	Causa Fundamental	Ocorrência	Gravidade	Deteção	TOTAL
Erro no desenvolvimento de produtos (erro de projeto do canal).	Considerou-se somente medidas de altura e largura (não considerou medidas dos ombros)	10	10	8	800
Tração no laminador devido erro de leitura dos HMDs.	Falta de limpeza periódica dos formadores de laço	8	8	8	512
Tração no laminador devido alongamento de partida incorreto	Falta sistemática de atualização das fichas de calibrações	8	8	8	512
Tração no laminador devido alongamento de partida incorreto	Falta de análise crítica do alongamento de partida	8	8	8	512
Guias desalinhadas	Falta dispositivo/equipamento para garantir o alinhamento da guia	8	8	8	512
Tração no laminador	Software sobrecarregado/desatualizado	10	10	5	500
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto) principalmente no horário de almoço	Falha no planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	10	8	5	400
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto) principalmente no horário de almoço	Falha no planejamento dos câmbios/acertos em relação à distribuição de tarefas	10	8	5	400
Erros operacionais devido falta de realização do check list	Liderança permissiva em relação à não realização de check-list	8	8	5	320
Erros operacionais devido falta de realização do check list	Equipe da torre 2 não recebe feedback da equipe oficina das pendências geradas	8	8	5	320
Erros operacionais devido falta de realização do check list	Falta de conscientização dos operadores sobre a importância do check-list	8	8	5	320
Erros operacionais devido falta de realização do check list	Falha no planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	8	8	5	320
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto)	Estrutura operacional atual não atende às necessidades do processo	8	8	5	320
Tração no laminador	Falta de manutenção mecânica preventiva/corretiva	8	8	5	320
Erro na programação de canal.	Não existia fórmula de "condição" para restringir canais	3	10	8	240
Erro na programação de canal.	Falta de planejamento da rotina em relação à programação de canais	3	10	8	240
Planejamento do desenvolvimento de produtos inadequado	Falta sistemática padronizada de desenvolvimento de produtos	8	5	5	200
Tração no laminador devido erro de leitura dos HMDs.	Falta de inspeção e manutenção nas mangueiras de refrigeração	5	8	5	200
Erro de montagem de guias	Erro de projeto já que o aço ideal é o SAE 1045	5	5	8	200
Erro de montagem de guias	Descumprimento de padrão em relação ao uso de raspador adequado	5	8	5	200
Erro de montagem de guias	Descumprimento de padrão em relação a centralização dos roletes	5	8	5	200
Erro operacional na movimentação da guia através do ajuste do barrão	Erro operacional na movimentação da guia através do ajuste do barrão	5	8	5	200

QUADRO 1– Matriz de Priorização das causas fundamentais

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).



Provável Causa	Causa Fundamental	O QUE FAZER	QUEM FAZ	ONDE	COMO	POR QUE	QUANTO CUSTA
Erro no desenvolvimento de produtos (erro de projeto do canal).	Consideraram-se somente medidas de altura e largura (não considerou medidas dos ombros)	Alterar sistemática de análise de canais considerando também as medidas dos ombros	Jardel	Oficina de Usinagem	Conscientizando sobre a importância de considerar as medidas dos ombros	Evitar erros no projeto do canal	H/h
Tração no laminador devido erro de leitura dos HMDs.	Falta de limpeza periódica dos formadores de laço	Realizar inspeção e limpeza periódica nas mesas formadoras de laços	Antônio Carlos/Marcio	Laminador intermediário 2 e acabador	Definindo responsabilidade e periodicidade das limpezas	Evitar falhas de detecção dos HMDs	H/h
Tração no laminador devido erro de leitura dos HMDs.	Erro do projeto das mesas de laços	Realizar estudo e revisar os projetos para que as mesas não retenham carepa	Francis/Carlos Roberto	Manutenção/Sala de projetos	Estudando melhorias nas mesas formadoras de laços	Evitar falhas de detecção dos HMDs	H/h
Tração no laminador devido alongamento de partida incorreto	Falta na sistemática de atualização das fichas de calibrações	Criar rotina de histórico de campanha	Jardel	Torre 2 / Oficina de cilindros	Analisando criticamente os históricos de campanha e atualizando as fichas de calibração	Tornar as informações de alongamento de partida confiava	H/h
Tração no laminador devido alongamento de partida incorreto	Falta de análise crítica do alongamento de partida	Realizar análise crítica dos alongamentos de partida	Antônio Carlos/Jardel	Torre 2 / Oficina de cilindros	Analisando criticamente os alongamentos de partida e definindo critérios para atualização das fichas de calibração	Eliminar erros nos alongamentos de partida	H/h
Guias desalinhas	Falta dispositivo/equipamento para garantir o alinhamento da guia	Estudar a possibilidade de desenvolver internamente um dispositivo/método para alinhamento de guias	Jardel	Oficina de Usinagem	Estudando e desenvolvendo dispositivo/método	Minimizar/eliminar defeitos provenientes de guias desalinhas	H/h
Tração no laminador	Software sobrecarregado/desatualizado	Atualizar software	Giuliano Dornas	Laminação	Contratando os serviços da empresa especializada Factory	Reduzir tração no laminador	H/h
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto) principalmente no horário de almoço	Falha no planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	Conscientizar a equipe do laminador sobre a necessidade de reforçarmos a equipe da torre 2 nas atividades pré-câmbio/acertos	Raiane	Escritório da laminação	Apresentando para a equipe gráficos de desempenho por turno e horário	Melhorar a eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas	H/h
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto) principalmente no horário de almoço	Falha no planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	Melhorar e padronizar o planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	Antônio Carlos/Marcio	Laminador	Disponibilizando pessoas para auxiliar as atividades relativas a câmbio/acerto	Melhorar a eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas	H/h
Erro operacional devido falta de realização do check list	Falta de conscientização dos operadores sobre a importância do check-list	Conscientizar a equipe da torre 2 sobre a importância de realização do check-list	Antônio Carlos/Marcio	Escritório da laminação	Reunindo com a equipe de conscientizando sobre a importância de realização do check-list	Reduzir/eliminar erros operacionais por falta de realização do check-list	H/h
Erro operacional devido falta de realização do check list	Liderança permissiva em relação a não realização de check-list	Criar item de controle relativo à realização de check-list	Antônio Carlos/Marcio	Escritório da laminação	Incluindo item de controle no SIG e no gerenciamento da rotina	Reduzir/eliminar erros operacionais por falta de realização do check-list	H/h
Erro operacional devido falta de realização do check list	Equipe da torre 2 não recebe feedback da equipe oficina das pendências geradas	Criar item de controle relativo a feedback das pendências geradas	Jardel	Oficina de Usinagem	Incluindo item de controle no SIG e no gerenciamento da rotina	Reduzir/eliminar erros operacionais por falta de realização do check-list	H/h
Baixa eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas (Kg perdidos/acerto)	Estrutura operacional atual não atende às necessidades do processo	Melhorar e padronizar o planejamento dos câmbios/acertos em relação ao número de pessoas necessárias	Antônio Carlos/Marcio	Laminador	Disponibilizando pessoas para auxiliar as atividades relativas a câmbio/acerto	Melhorar a eficiência do turno 2 nos acertos de bitolas	H/h
Tração no laminador	Falha no planejamento de manutenção mecânica preventiva/corretiva das mesas formadoras de laço	Revisar o planejamento de manutenção mecânica preventiva/corretiva das mesas formadoras de laço	Ronald/Raimundo	Manutenção mecânica	Conversando sobre as principais atenções relativas às mesas formadoras de laços (rolos, atuadores pneumáticos, folgas, etc.).	Evitar/reduzir tração no laminador	H/h
Erro na programação de canal.	Não existia fórmula de "condição" para restringir canais	Criar fórmulas para restringir canais	Jardel	Oficina de Usinagem	Inserindo fórmulas nas fichas de calibrações	Evitar erros na programação de canais	H/h
Planejamento do desenvolvimento de produtos inadequado	Falta sistemática padronizada de desenvolvimento de produtos	Criar sistemática de desenvolvimento de produtos	Marcio	Escritório da laminação	Estudando e criando sistemática de desenvolvimento de produtos	Evitar desenvolvimento inadequado de produtos	H/h
Tração no laminador devido erro de leitura dos HMDs.	Falta de inspeção e manutenção nas mangueiras de refrigeração	Criar rotina de inspeção de projeção de água nos HMDs	Fidélis/Marcio	Laminador	Inspeccionando possível projeção logo após os câmbios	Identificar e eliminar projeções de água nos HMDs	H/h

Erro de montagem de guias	Erro de projeto já que o aço ideal é o SAE 1045	Revisar o projeto dos mandrils de fixação dos roletes	Jardel	Oficina de Usinagem	Alterando o aço utilizado de SAE 1020 para SAE 1045	Evitar desgaste prematuro dos mandrils	H/h
Erro de montagem de guias	Descumprimento de padrão em relação ao uso de raspador adequado	Treinar/conscientizar a equipe de montagem de guias	Jardel	Oficina de Usinagem	Treinando e conscientizando a equipe sobre a importância de cumprimento dos padrões	Evitar erros de montagem de guias	H/h
Guias desalinhasadas	Falta padrão de queima para garantir o alinhamento da guia	Criar uma maneira eficaz de alinhamento das guias das BRE/BRM	Carlos Roberto	Montagem de gaiolas	Chanfrando a lateral das amostras de ovais e procedendo conforme treinamento	Garantir o alinhamento da guia.	H/h
Erro operacional na movimentação da guia através do ajuste do barrão	Erro operacional na movimentação da guia através do ajuste do barrão	Conscientizar a equipe da torre 2 sobre os principais motivos de erros operacionais	Raiane/Vagner	Laminador	Conversando e conscientizando sobre os principais motivos de erros operacionais	Evitar erros operacionais	H/h
Erro na montagem de gaiola	Falta de padronização no ajuste de luz	Padronizar as atividades de ajuste de luz e queima de canal	Jardel	Oficina de Usinagem	Padronizando o uso de calibrador confiável nos ajustes de luz, garantindo temperatura homogênea da amostra e checando o valor registrado na queima com o valor real encontrado pelo inspetor.	Garantir a bitola na primeira peça	H/h

QUADRO 2 – 5W2H- Estabelecimento dos planos de ações.

Fonte : ArcelorMittal Itaúna.

#### 4. Verificação

Após o estabelecimento das ações, foi iniciada a etapa de execução das ações, onde cada responsável teria um prazo para cumprir as ações destinadas a ele.

Com a implementação das ações estabelecidas no projeto, o índice de perdas metálicas por falta de qualidade gerada no processo de laminação, reduziu de 0,308% (acumulado de Janeiro á Junho de 2017), para 0,205% em Julho, 0,177% em Agosto e 0,127% em Setembro de 2017 (acumulado até o dia 18/09/17), o que representa uma redução considerável pela unidade.

As ações pendentes estão em andamento e sendo acompanhadas diariamente pela equipe. Mesmo com algumas ações pendentes, a empresa já apresenta ganhos em questões de qualidade, retrabalho custos, rendimento metálico, além de atingir a meta proposta pela gerência (Meta- 0,21%). O GRÁFICO 8 ilustra o mapeamento das perdas metálicas e a definição da meta.

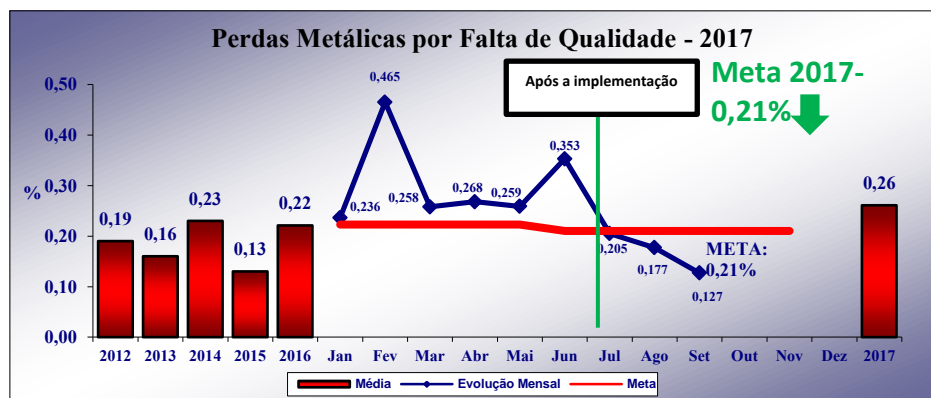


Gráfico 8 – Perdas metálicas por falta de qualidade-2017.

Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

#### **4. Conclusão**

O trabalho abordou o problema das perdas metálicas por falta de qualidade gerada no processo de laminação. Mostrando como estas perdas foram tratadas através da aplicação da metodologia PDCA e o uso das diferentes ferramentas de qualidade.

Mostrou que é de suma importância seguir criteriosamente todas as etapas do projeto, para que ele se torne eficiente, requerendo muita serenidade e comprometimento na coleta de dados nas identificações das causas fundamentais e na implementação de planos de ações projeto alcance os resultados almejados.

Relatou os resultados obtidos e cumprimento dos objetivos propostos. E mostrou que após a implementação das ações houve uma redução das perdas metálicas por falta de qualidade 0,138% , que anteriormente seria sucata geradas devido o material não estar dentro dos padrões de qualidade e que após o projeto serão destinadas a atendimento aos clientes, trazendo ganhos em dinheiro e desempenho da empresa.

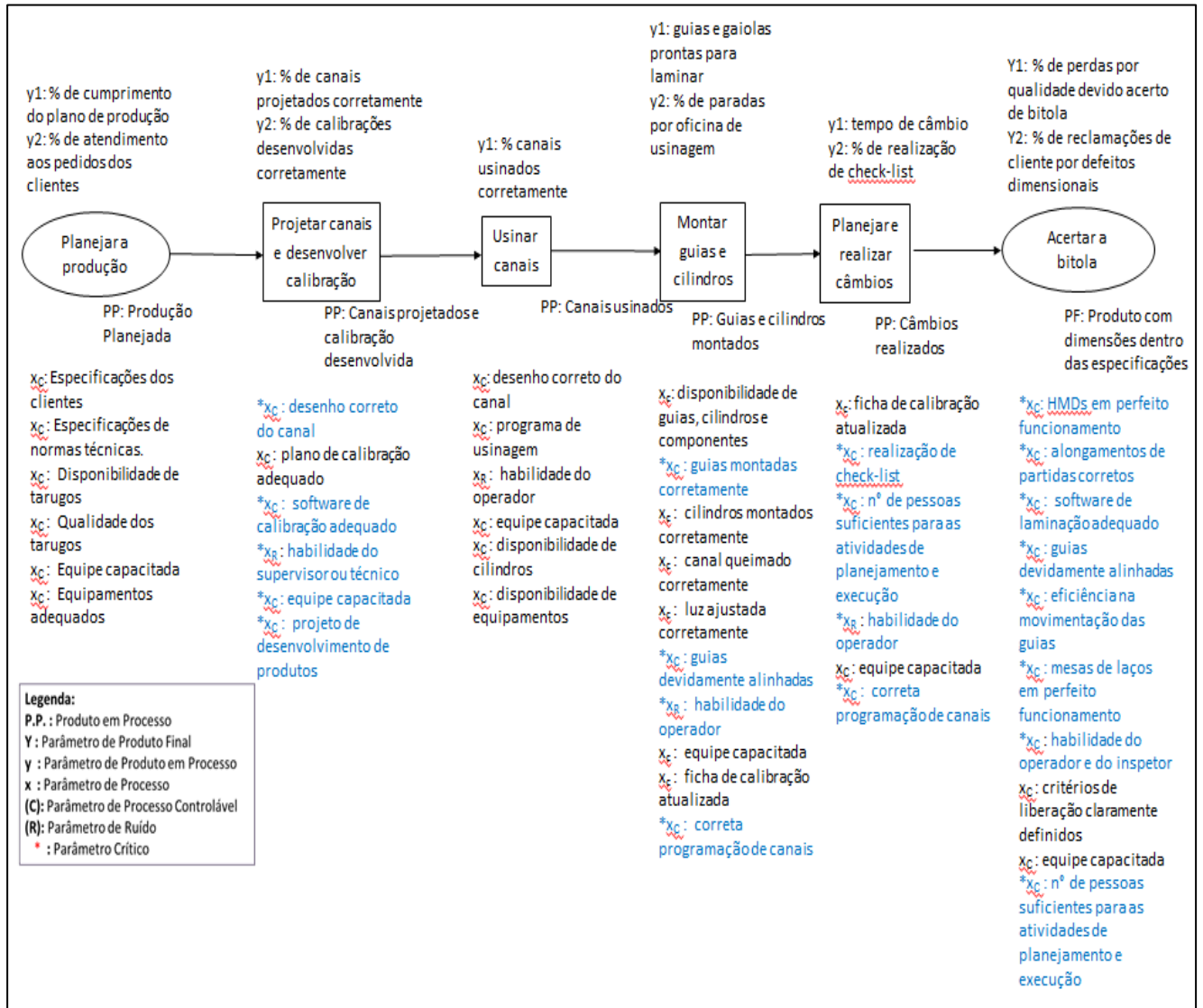
#### **Referências**

CAMPOS, VICENTE FALCONI, 1940, TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês) / Vicente Falconi Campos. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992 (Rio de Janeiro: Bloch Ed.).

WERKEMA, MARIA CRISTINA CATARINO, Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte, MG: Fundação Crhistiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.



## ANEXO A – Mapa de processo



Anexo A \_ Mapa de processo  
 Fonte: ArcelorMittal Itaúna, (2017).



## Sensoriamento Participativo na Composição de Pontos de Interesse

Marina Iolanda Oliveira<sup>1</sup>

Felipe Domingos da Cunha<sup>2</sup>

**Resumo:** O crescente uso de aparelhos celulares smartphones, tem contribuído para um aumento na adesão às Redes sociais baseadas em localização. Este tipo de rede possibilita o sensoriamento participativo, o que torna possível entender o comportamento dos eventos nos grandes centros urbanos. Para realização do sensoriamento é necessária a participação ativa dos usuários compartilhando dados, ou seja, os dados são enviados em diferentes momentos e armazenados durante o período desejado, possibilitando assim a análise e estudo das informações obtidas. A proposta deste trabalho é aplicar redes de sensoriamento participativo para usufruir das informações geradas voluntariamente por usuários de mídias sociais. Coletou-se o total de 3.379.842 *tweets* realizados em 10 dos principais pontos turísticos do mundo, em um período de 20 dias. Após o tratamento dos dados coletados e a partir da aplicação de testes estatísticos foi possível caracterizar o padrão de visitação nestes lugares, apresentando os horários com maior e menor fluxo de movimentação baseados na média de *tweets* realizados em cada hora do dia.

**Palavras-chave:** Coleta de Dados, Sensoriamento Participativo, *Tweets*, Análise de Informações.

<sup>1</sup> Ciência da Computação, Universidade de Itaúna, marinaioliveira9@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência da Computação, Universidade de Itaúna, felipe@uit.br.

### 1. Introdução

Com o crescimento abrangente da tecnologia, a computação ubíqua está cada vez mais presente e pode ser definida como a tecnologia tão necessária no dia-a-dia do ser humano que se torna indistinguível, sendo cada vez mais importante e necessária para as realizações de tarefas diárias (Weisner, M.,1996). Com a disponibilidade ubíqua de tecnologia computacional, como smartphones, tablets e outros dispositivos portáteis, bem como a popularização de redes sociais, é possível estar conectado e compartilhar dados constantemente.

Diariamente usuários de mídias sociais geram e compartilham um grande volume de dados (Alecrim, Emerson, 2015; França et al., 2014). Por se tratar de uma grande quantidade de dados, utiliza-se rede de sensoriamento participativo, o qual possibilita a coleta dos dados a fim de obter o contexto de entidades (Silva et al, 2013, Silva et al., 2014). Em Abwod et al., 1999, os autores definem contexto como qualquer informação que caracteriza uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é considerada relevante para a interação entre usuário e aplicação.

O sensoriamento participativo é definido como um processo distribuído de coleta de dados. Para realizar o sensoriamento é necessário a participação ativa das pessoas,



compartilhando voluntariamente informações de contexto (Burke et al., 2006). As informações são enviadas em diferentes momentos, os dados são armazenados e após um determinado período podem ser analisados.

A popularização de dispositivos móveis tem aumentado o uso de redes sociais baseadas em localização, como *Foursquare*, *Instagram*, *Facebook*, *Twitter* e *Waze*. Redes sociais baseadas em localização são exemplos de Redes de Sensores Participativos, onde nós sensores são formados por usuários que enviam dados sobre seu contexto utilizando seus dispositivos (Silva et al., 2014). Os usuários enviam informações similar a sensores em uma rede de sensores tradicionais (Silva et al., 2014).

A FIGURA 1 ilustra a rede de sensoriamento participativo, onde cada usuário com seus dispositivos móveis envia informações e suas localizações. As informações são enviadas em diferentes momentos, os dados são armazenados e após um determinado período e podem ser analisados. O usuário não necessariamente participa em todos os momentos, mas gera dados voluntariamente de acordo com seu cotidiano. Depois de um dado tempo, é possível analisar estes dados coletados.

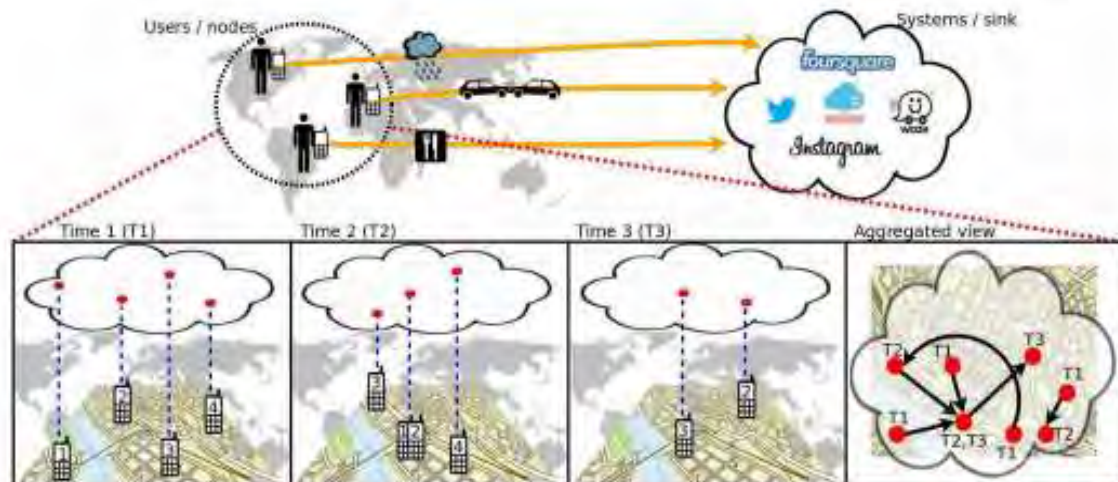


FIGURA 1 - Redes de Sensoriamento Participativo (Silva et al., 2014).

Neste contexto, a proposta deste trabalho é aplicar redes de sensoriamento participativo para usufruir das informações geradas voluntariamente por usuários de mídias sociais, quantificando *check-ins* realizados em determinados ambientes. A mineração dos dados coletados, proporciona resultados aproximados do fluxo de movimentação do ambiente no momento e horários com maiores movimentações. Desta forma, os dados foram coletados em diferentes pontos de interesse no mundo, durante 20 dias e a partir da aplicação de testes estatísticos estudou-se o padrão de visitação em alguns dos principais pontos turísticos do mundo. Sendo eles: *Big Ben*, *Burj Khalifa*, Cataratas do Iguazu, *Central Park*, *CN Tower*, Cristo Redentor, *Musée Du Louvre*, *Oxford Street*, *Statue Of Liberty* e *One World Trade Center*.

Pessoas geram dados a todo instante. Por meio de tais informações é possível analisar o comportamento humano a fim de entendê-lo e criar soluções que os atendam. O trabalho permite que de qualquer lugar obtenha-se informações mundiais por meio das redes sociais.

Sendo possível planejar a visitação de pontos turísticos com base na média de visitação dos mesmos.

A quantidade de pessoas em um local auxilia na obtenção de informações para consumidores e fornecedores sobre o nível de interesse no ambiente, uma vez que, se o ambiente possui um fluxo alto de movimentação, o mesmo apresenta um diferencial entre os demais. A movimentação influencia no critério de escolha quanto ao lugar que deseja ir. Com os resultados obtidos, é possível planejar o horário de visitação, baseado em seu horário de maior ou menor movimentação.

## 2. Metodologia

Nesta seção serão descritas as etapas realizadas no desenvolvimento do trabalho. Será apresentado a configuração do ambiente e o armazenamento, coleta e tratamentos dos dados.

De acordo com a FIGURA 2, configurou-se um ambiente em nuvem para execução do *script* de coleta e o armazenamento de todos os dados coletados. Coletou-se *tweets* recentes com geolocalização por meio da *API* disponibilizada pelo *Twitter*. Aplicou-se o processo de Mineração de Dados (*Data Mining*) para o tratamento dos dados coletados. Após toda análise, a aplicação retornou a quantidade de pessoas nos ambientes estudados baseados na média dos *tweets* coletados. Os resultados obtidos foram representados graficamente para melhor entendimento e visualização do fluxo de movimentação do ambiente.



FIGURA 2 - Desenvolvimento.

### 2.1 Configurações do Ambiente

Para realização do trabalho, seria necessário um ambiente o qual permanece operante durante todo o período da coleta, por se tratar de uma coleta diária. Coletou-se assim, um grande volume de *tweets*. Por esse motivo, optou-se em realizar a coleta em um ambiente em nuvem. Por meio do ambiente configurado realizou-se a coleta dos dados durante os 20 dias pré-estabelecidos, conectado durante todos os dias sem sobrecarregar uma máquina física.

### 2.2 Armazenamento dos Dados

Atualmente, para o estudo de Big Data não é usual utilizar bancos de dados relacionais, visto que o grande volume de dados e a variedade dos mesmos tornam a usabilidade de tais bancos difíceis e não tão eficientes (Vieira et al. 2012). Para o armazenamento e processamento de tantas informações propôs-se o banco de dados *NoSQL* (*Not only SQL*) (Vieira et al. 2012).



Para o armazenamento dos dados da pesquisa, utilizou-se o banco de dados não relacional, *MongoDB*. Juntamente com o *Robomongo*, *software* utilizado para processamento e gerenciamento dos dados armazenados no *MongoDB*.

### 2.3 Coleta do Dados

Para a implementação do *script* de coleta, utilizou-se a linguagem *Python*, uma das mais populares linguagens de programação ao se trabalhar com Big Data e mineração de dados. Por meio da API disponibilizada pelo *twitter*, coletou-se *tweets* realizados recentemente no raio de 50 metros em relação a latitude e longitude dos mesmos. Realizou-se requisições ao *Twitter* com tais informações, assim que encontrado cada *tweet* compatível com os parâmetros definidos, os mesmos foram armazenados em sua respectiva coleção, de acordo com sua localização.

No banco de dados *MongoDB* criou-se uma coleção para cada ponto turístico a fim de obter melhor organização das informações e para facilitar na manipulação dos dados posteriormente. Após a coleta exportou-se cada coleção para um arquivo “.csv” para o processo de *Data Mining*.

Coletou-se um total de 3.379.842 *tweets* de alguns dos principais pontos turísticos do mundo. Sendo eles: *Big Ben* (510.534\$), *Burj Khalifa* (468.273), Cataratas do Iguaçu (402.278), *Central Park* (52.103\$), *CN Tower* (447.502), Cristo Redentor (534.904), *Musée Du Louvre* (26.481), *Oxford Street* (549.459), *Statue Of Liberty* (184.546) e *One World Trade Center* (203.762). Conforme apresentado na FIGURA 3 a qual exibe a quantidade total de *tweets* coletados dos pontos turísticos durante os 20 dias. A FIGURA 4, exibe a média diária de *tweets* dos pontos turísticos sendo *Big Ben* (25.527), *Burj Khalifa* (23.414), Cataratas do Iguaçu (20.114), *Central Park* (2.605), *CN Tower* (22.375), Cristo Redentor (26.745), *Musée Du Louvre* (1.324), *Oxford Street* (27.473), *Statue Of Liberty* (9.227) e *One World Trade Center* (10.188).

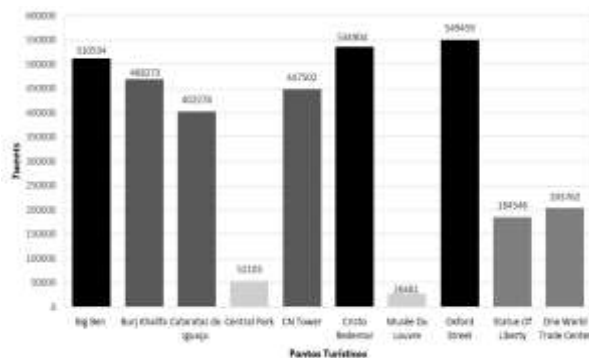


FIGURA 3 - Total de *tweets* coleta por pontos turísticos.

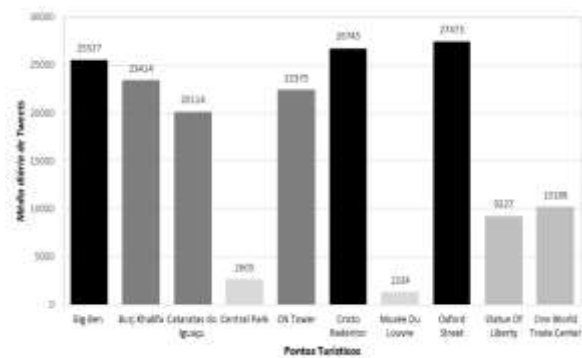


FIGURA 4 - Média diária de *tweet* coletados.

### 2.4 Pre-processamento

Devido à grande variedade dos dados armazenados, não seria confiável realizar o estudo das informações adquiridas sem realizar o tratamento dos dados primeiramente. Aplicou-se assim, as etapas do processo de mineração de dados, a fim de obter-se informações confiáveis para os resultados e validações da pesquisa.



A etapa de seleção dos dados, realizou-se durante a execução de um *script*, onde os dados relevantes para o processo de mineração de dados foram selecionados e coletados. Os arquivos foram exportados, cada um segundo sua coleção, para seu respectivo arquivo *CSV* (*Comma-separated values*) para realizar o tratamento dos dados. No Pré-processamento e formatação, executou-se um *script* para formatação dos dados, uma vez que os mesmos estavam com caracteres especiais dificultando assim a leitura da data de criação do *tweet*. Utilizou-se também um *script* para realizar a quebra da variável data de criação do *tweet*, permitindo utilizar apenas o dia e hora de cada *tweet* coletado.

Na etapa de mineração de dados, os dados foram organizados e formatados, excluindo-se então *tweets* duplicados, ou seja, *tweets* de um mesmo usuário e com o mesmo texto com a mesma data de criação. Para realizar tal formatação, utilizou-se o *software Weka* (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*), que permite a análise e estatística de dados. Na etapa de Interpretação/Avaliação, observou-se que após todas as etapas do processo de mineração de dados, os dados obtidos eram aceitáveis para realização da proposta do trabalho.

## 2.5 Extração do Conhecimento

Sendo assim, após todo o processo de coleta e tratamento dos dados, os mesmos foram avaliados a fim de verificar o resultado obtido. Conforme a FIGURA 5 os resultados foram representados graficamente para uma melhor visualização. O eixo x do gráfico representa o período do dia em horas (0 a 23). O eixo y representa a média de *tweets* realizados na hora do dia.

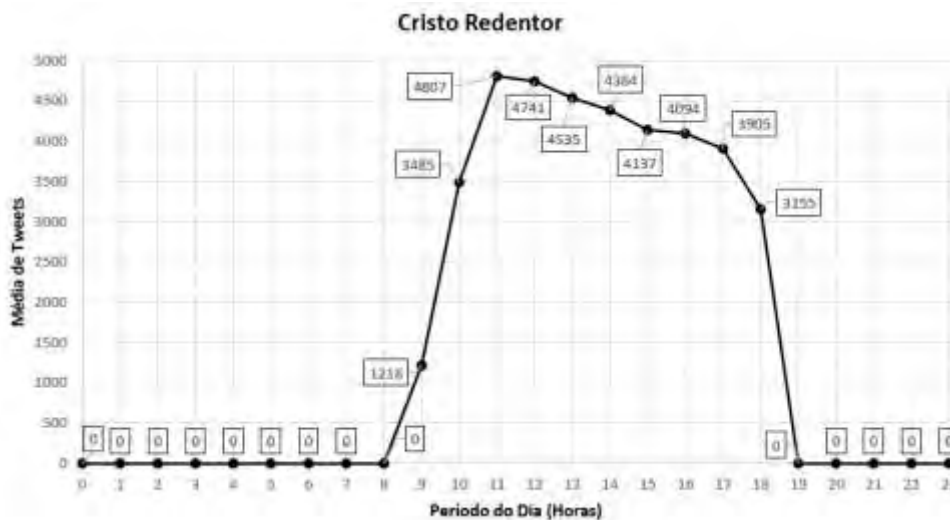


FIGURA 5 - Predição de Visitação do Cristo Redentor.

A Figura 5 representa a predição de visitação do ponto turístico Cristo Redentor. É possível observar a partir dos dados coletados, que o mesmo não possui movimentação das 00:00 às 08:00 e das 19:00 às 23:00. A explicação para a falta de informações (*tweets*) nesse horário, está representada na FIGURA 6, que representa o horário de funcionamento do Cristo Redentor, o está aberto das 08:00 às 19:00 horas se segunda-feira a domingo, confirmando o motivo de ausência de informações coletadas.

Horário: domingo	08:00–19:00
segunda-feira	08:00–19:00
terça-feira	08:00–19:00
quarta-feira	08:00–19:00
quinta-feira	08:00–19:00
sexta-feira	08:00–19:00
sábado	08:00–19:00



FIGURA 6 - Horário de funcionamento do Cristo Redentor. FIGURA 7 – Horário de Pico do Cristo Redentor.

Por meio da FIGURA 5 é possível observar também que o horário com a média de maior movimentação, seria no horário de 11:00 horas, com uma média de 4807 *tweets*. Após esse horário de maior movimentação, é possível observar uma queda no fluxo, porém, das 13:00 as 19:00, horário de encerramento, é possível observar um fluxo contínuo de visitação.

Para validação do fluxo de movimentação, foi verificada as informações obtidas e representadas na FIGURA 6 é comparada com o horário de pico do Cristo Redentor conforme FIGURA 7. Tais informações são disponibilizadas pelo *Google Maps*, serviço de geolocalização da *Google*, o qual disponibiliza mapas, rotas, horário de funcionamento, horário de pico entre outras informações do local desejado.

### 3. Resultados

Para obtenção dos resultados, executou-se um *script* contabilizador, o qual soma a quantidade de *tweets* realizados por dia em cada hora do dia. Utilizou-se o cálculo da média aritmética simples para obter o resultado, ou seja, a média de *tweets*. Sendo assim a média de *tweets* é igual à quantidade total de *tweets* por hora dividido pela soma dos dias que houveram *tweets* neste horário.

Os *tweets* coletados possuem a data de criação formatados conforme a ISO 8601, a qual padroniza os horários conforme o Meridiano de *Greenwich*. Sendo assim, fez-se a modificação das datas de criação mediante ao fuso horário de cada país: *Big Ben* -1:00, *Burj Khalifa* -4:00, Cataratas do Iguazu +3:00, *Central Park* -4:00, *CN Tower* -4:00, Cristo Redentor +3:00, *Musée Du Louvre* -2:00, *Oxford Street* -1:00, *Statue Of Liberty* -4:00 e *One World Trade Center* -4:00.

Durante os dias 12 a 27 de março, foram coletados 510.534 *tweets* realizados no ponto turístico *Big Ben*. A FIGURA 8 aponta que das 12 horas as 23 horas ocorre uma grande movimentação de visitantes no local. Atingindo uma grande concentração às 21:00 e 22:00 horas.

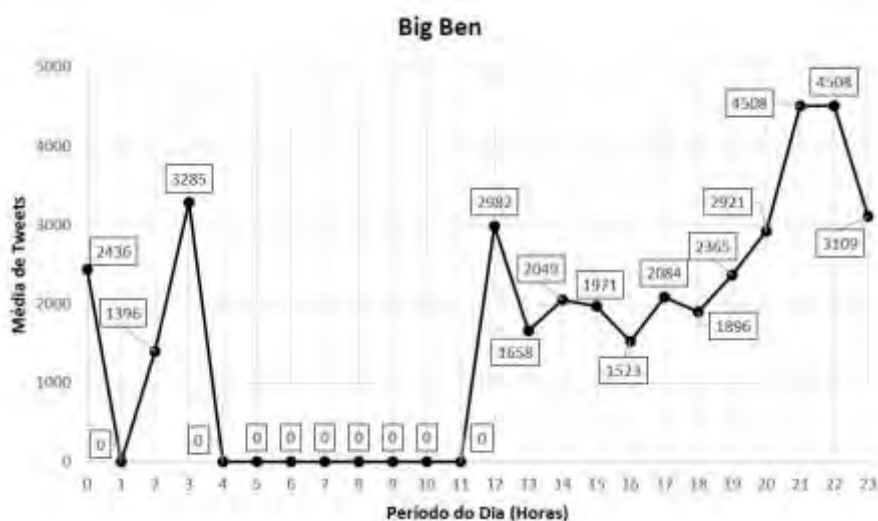


FIGURA 8 - Visitação *Big Ben*.

O *Burj Khalifa* abre as 4:30 da manhã para visitantes que desejem observar o nascer do sol e encerra seu funcionamento às 23:00 horas. É possível observar conforme na FIGURA 9, que há um grande fluxo de movimentação no maior arranha-céus do mundo, ocorre durante as 17 e 18 horas, horário para admirar o pôr-do-sol. Caindo o fluxo a partir das 19 horas às 23 horas, horário de encerramento das visitas.

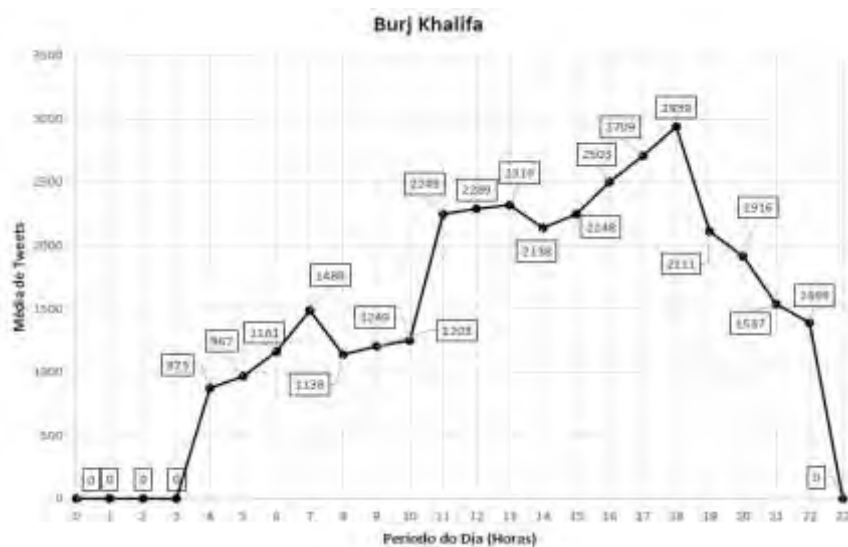


FIGURA 9 - Visitação *Burj Khalifa*.

Com o horário de funcionamento entre as 9:00 horas e as 17:00 horas, é possível observar na FIGURA 10, que das 9:00 as 13:00 horas a um crescimento na visitação das Cataratas do Iguaçu, atingindo a maior média de visitação às 13:00 horas. A partir desse horário há uma queda de visitação até o horário de encerramento.



FIGURA 10 - Visitação Cataratas do Iguaçu.

*Central Park*, que possui horário de funcionamento de 06:00 horas as 01:00 hora. Segundo as informações disponibilizadas pelo *Google Maps*, o mesmo possui horário de pico das 12:00 horas às 16:00 horas. É possível analisar essa maior movimentação, pelo gráfico indicado na FIGURA 11.

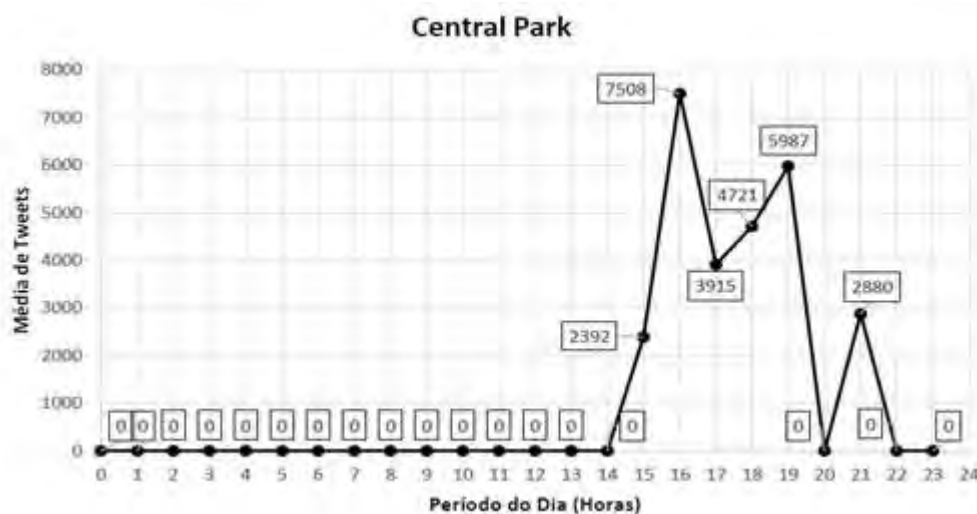


FIGURA 11 - Visitação *Central Park*.

Com os resultados apresentados na FIGURA 12 referente ao *CN Tower*, é possível perceber que a movimentação do mesmo ocorre em grande quantidade a partir das 15 horas e mantém recebendo um grande volume de visitantes durante todo o período da tarde até 21 horário de encerramento de visitação do parque.

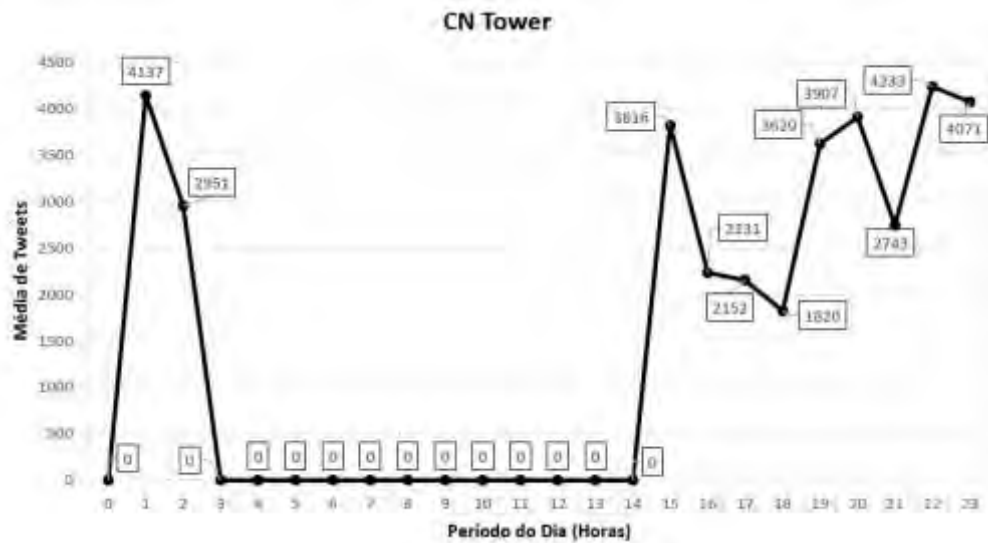


FIGURA 12 - Visitação *CN Tower*.

A FIGURA 13 representa a predição de visitação do Cristo Redentor. Pode-se observar que durante seu horário de funcionamento das 13:00 horas às 19:00 horas uma concentração contínua de visitas. Durante todo o dia, o ponto turístico possui uma grande movimentação, atingindo um maior fluxo as 11:00 horas.

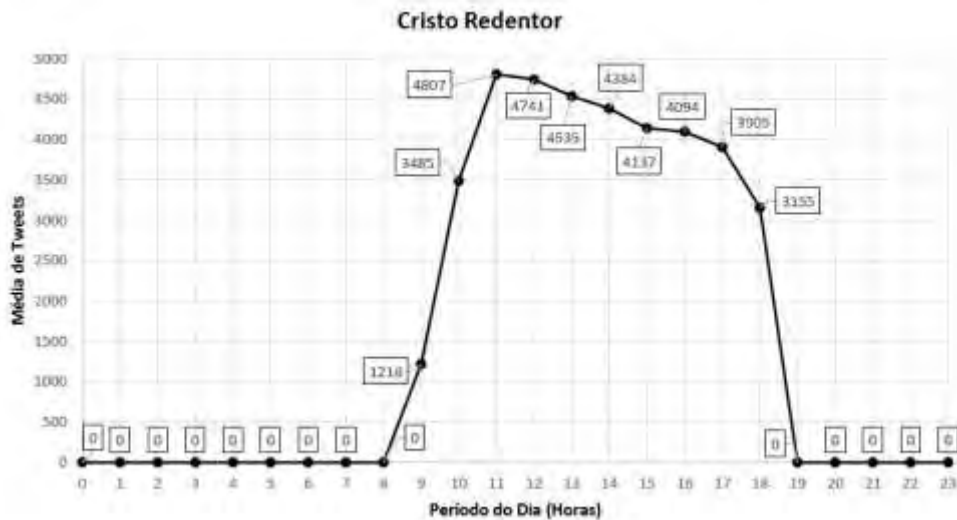


FIGURA 13 - Visitação Cristo Redentor.

Ao se coletar dados de pontos turísticos de partes diferentes do mundo, é possível observar que os visitantes do *Museu do Louvre* não realizam *tweets* durante as visitas, dificultando assim a comparação e análise da movimentação dos visitantes. A FIGURA 14 exibe uma média de visitação às 12 horas e as 18 horas, próximo ao horário de encerramento.

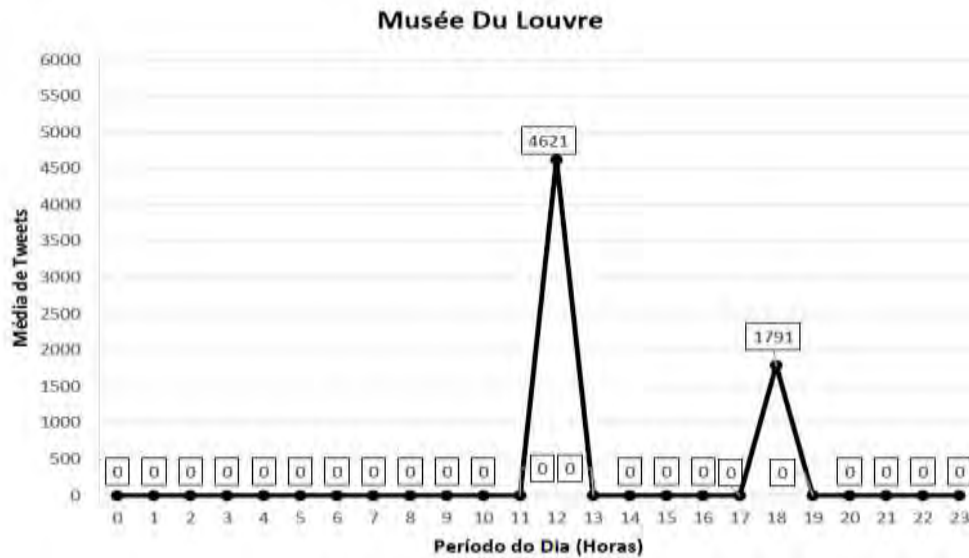


FIGURA 14 - Visitação *Musée Du Louvre*.

Ao analisar uma das avenidas mais movimentada do mundo e a mais movimentada da Europa é possível observar que a movimentação na *Oxford Street* inicia-se a partir de 1:00 hora da manhã tem uma queda de movimentação e consegue manter um grande fluxo de movimentação durante todo o dia das 10 horas às 22 horas, conforme é possível observar na FIGURA 15.

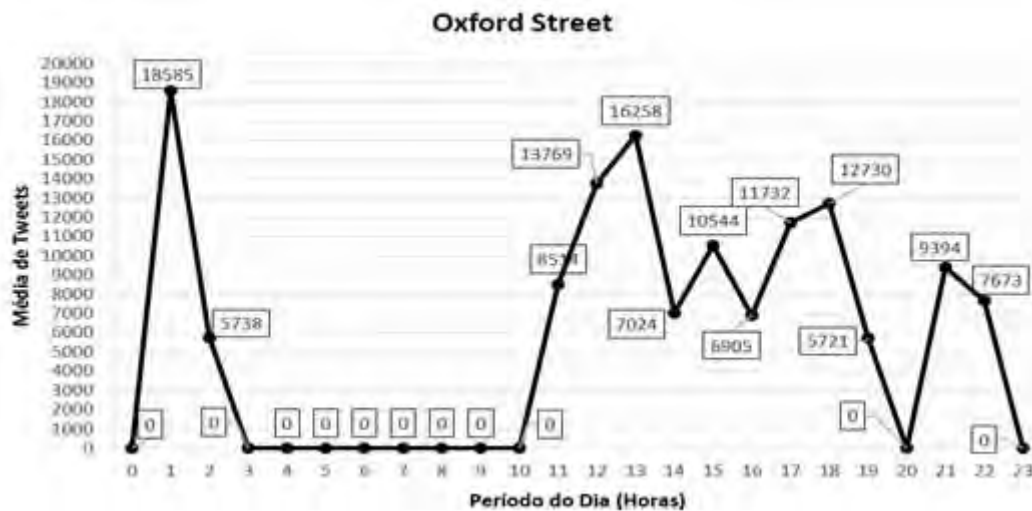


FIGURA 15 - Visitação *Oxford Street*.

Foram coletados 184546 da Estátua da Liberdade no decorrer dos dia 2 ao dia 23 de março. Por meio da FIGURA 16 observa-se que das 8:00 horas às 13:00 horas o aumento da movimentação gradativamente, tendo uma média maior movimentação das 14:00 horas às 15:00 horas.

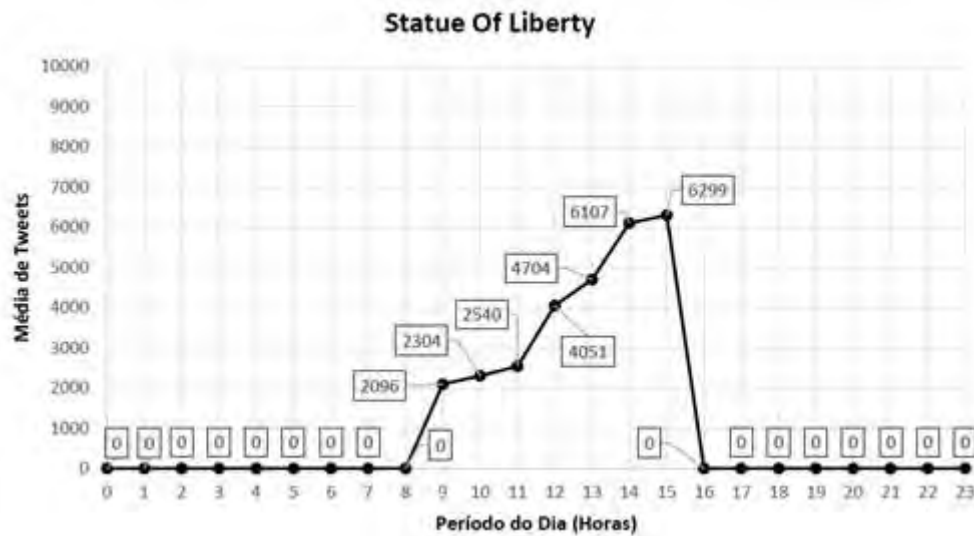


FIGURA 16 - Visitação *Statue Of Liberty*.

O edifício *One World Trade Center*, edifício localizado no mesmo local que o World Trade Center, possui horário de funcionamento das 8:00 horas às 22:00. Durante o período de coleta foi observado que os horários de maior visitação são entre as 11:00 horas às 13:00 horas, conforme exibido na FIGURA 17.



FIGURA 17 - Visitação *World Trade Center*.

#### 4. Conclusão

Por meio do trabalho realizado e dos resultados obtidos, conclui-se que atualmente dados de larga escala são possíveis de ser analisados de forma rápida e eficaz por meio do sensoriamento participativo. Sendo possível de apenas um único lugar seja possível coletar, analisar e criar soluções de vários outros lugares.

Com os resultados obtidos é possível tanto para visitantes quanto para fornecedores analisar o fluxo de movimentação dos pontos turísticos e como agir de acordo com maior ou menor movimentação do mesmo. Tais informações são importantes aos turistas, que poderiam



evitar tumultos e ter um melhor proveito do local visitado. Ou caso prefiram, o grande fluxo de movimentação também pode gerar um grande fluxo de culturas diferentes, enriquecendo ainda mais a visita. Para os fornecedores, esses dados seriam valiosos para verificar expediente de trabalho, quantidade de funcionários e estoque.

## 5. Referências

ABOWD, G. D., DEY, A. K., BROWN, P. J., DAVIES, N., SMITH, M., and STEGGLES, P. (1999). Towards a better understanding of context and context-awareness. In International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, pages 304–307. Springer.

ALECRIM, E. (2015). *O que é Big Data?*

BURKE, J. A.; ESTRIN, D.; HANSEN, M.; PARKER, A.; RAMANATHAN, N.; REDDY, S. and SRIVASTAVA, M. B. (2006). *Participatory Sensing*. Center for Embedded Network Sensing.

FRANÇA, T. C.; DE FARIA, F. F.; RANGEL, F. M.; DE FARIAS, C. M. and OLIVEIRA, J. (2014). *Big Social Data: Princípios sobre Coleta, Tratamento e Análise de Dados Sociais*. XXIX Simposio Brasileiro de Banco de Dados–SBBD, 14.

SILVA, T. H.; DE MELO, P. O. V.; ALMEIDA, J. M.; VIANNA, A. C.; SALLES, J. and LOUREIRO, A. A. (2014b). *Definição, Modelagem e Aplicações de Camadas de Sensoriamento Participativo*.

VIEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, J.; LIBERATTI, G. and VIEBRANTZ, A. F. M. (2012). *Bancos de dados nosql: conceitos, ferramentas, linguagens e estudos de casos no contexto de big data*. Simpósio Brasileiro de Bancos de Dados.

WEISNER, M. (1996). *Ubiquitous Computing*. Mark Weisner Personal Homepage.



## **Análise experimental de ensaios de iniciação de trinca por flexão alternada com detecção pela perda de estanqueidade**

**Tomás Pessoa Londe Camargos<sup>1</sup>**

**Saulo de Paiva Cabral<sup>2</sup>**

**Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>3</sup>**

**José Felipe Dias<sup>4</sup>**

**Denilson José do Carmo<sup>5</sup>**

**Gabriel de Oliveira Ribeiro<sup>6</sup>**

**Ana Maria Gontijo Figueiredo<sup>7</sup>**

**Resumo:** Investiga-se o método de iniciação de trinca por fadiga em corpo de prova com uma cavidade sob pressão. O teste é interrompido automaticamente quando uma trinca de fadiga provoca a perda de estanqueidade da cavidade. Construiu-se uma máquina de fadiga por flexão alternada adaptada para ensaiar corpos de provas com cavidade pressurizada ou sob vácuo. Foram realizados ensaios de fadiga sob amplitude de deformação constante, em corpos de prova feitos em aço SAE 1045, com cavidade pressurizada por gás inerte e espessura de parede de 1 mm. Para verificar se o método investigado seria capaz de detectar a influência do acabamento superficial na iniciação da trinca por fadiga, foram utilizados corpos de prova usinados e trefilados. Na análise dos resultados experimentais foi utilizada a curva de Coffin-Manson e os modelos de SWT com os parâmetros de curva  $\epsilon$ -N segundo Castro e Meggiolaro. Os resultados dos ensaios apresentaram coerência com as previsões dos modelos e dados utilizados, indicando que o método de detecção de trincas pela perda de estanqueidade é efetivo e tecnicamente viável, sendo capaz de detectar a influência do estado da superfície na resistência à iniciação de trinca por fadiga.

**Palavras-chave:** Fadiga. Máquina de ensaio por flexão alternada. Método de detecção de trincas pela perda da estanqueidade. Deformação constante.

1. Engenheiro Mecânico, Mestrando em Energia e Sustentabilidade, UFMG, tomascamargos@yahoo.com.br.
2. Engenheiro Mecânico, Esp. em Engenharia de Estruturas, PUC MINAS, saulo3636@yahoo.com.br.
3. Engenheiro Mecânico, Mestre, Universidade de Itaúna, ewertonasnogueira@gmail.com.
4. Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade de Itaúna, jfelipe@uit.br.
5. Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade de Itaúna, denilsoncarmo@uit.br.
6. Engenheiro Civil, Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais, gabriel@dees.ufmg.br.
7. Engenheira Civil, Doutora, Universidade Federal de Minas Gerais, anamaria@dees.ufmg.br.

### **1. Introdução**

O termo fadiga, no contexto dos materiais de engenharia, segundo a ASTM E 1823 (2009) refere-se: “ao processo gradual de mudança estrutural localizada permanente em um material sujeito a condições que produzem tensões e deformações flutuantes em algum ponto (ou pontos) e que pode culminar em trincas ou em fratura, depois de um número suficiente de

flutuações”. Quando as solicitações são tensões ou deformações, a fadiga é dita fadiga mecânica, ocorrendo fratura sob tensões inferiores tanto à tensão de escoamento quanto à tensão crítica de fratura monotônica do material.

O processo de falha por fadiga, após a fase inicial de interação entre deslocamentos, pode ser dividido em três estágios: (a) Estágio I – nucleação da trinca (iniciação); (b) Estágio II – crescimento estável da trinca (propagação); (c) Estágio III - falha final rápida, que ocorre quando a superfície remanescente da seção transversal não é mais capaz de suportar a carga aplicada (fratura por sobrecarga de tração) ou quando o valor da tensão na região da ponta da trinca atinge o valor da intensidade de tensão crítica do material (tenacidade à fratura). Tanto a existência quanto a extensão desses estágios dependem das condições de aplicação de carga, da geometria da peça, da presença e dimensões de defeitos preexistentes, assim como das propriedades mecânicas do material.

A detecção da fase de iniciação de trincas por fadiga permite compreender melhor os mecanismos envolvidos no processo de fratura, o que é importante para melhorar a análise e o projeto de materiais resistentes à fadiga, a fim de reduzir a ocorrência de falhas de componentes mecânicos e estruturais. Pois, 50 a 90% das falhas em serviço de componentes mecânicos ou estruturais são atribuídas à fadiga, causando importantes prejuízos econômicos, ambientais e sociais. Segundo Dowling (1999), estima-se em 3% do PIB o custo gerado por falhas devidas à fadiga dos materiais nos EUA, estimando-se também uma percentagem similar a esta em outras nações industrializadas. Tais custos surgem da ocorrência ou prevenção de falhas por fadiga em pontes, veículos terrestres, equipamentos de usinas de geração de energia, veículos ferroviários, guindastes, estruturas *offshore* para exploração de petróleo, tubulações industriais, aeronaves, indústrias automobilísticas, e uma grande variedade de componentes de máquinas e equipamentos, e ainda equipamentos domésticos de uso diário.

Desta forma, a sensibilidade do método de detecção de trincas desempenha um papel importante. A resolução dos métodos de detecção de trincas pode variar de 0,1 a 500  $\mu\text{m}$ , conforme resumido no QUADRO 1. A sensibilidade depende da técnica específica, geometria do componente, condição da superfície, acessibilidade física, e do fenômeno responsável pela iniciação da trinca. No entanto, a maioria destes métodos requer equipamento sofisticado e dispendioso, e alguns deles não podem ser aplicados em condições de serviço ou em testes de rotina. Além disso, a necessidade de interromper o teste de fadiga para avaliar a existência e dimensão de qualquer trinca que possa ocorrer é um dos problemas significativos apresentados pela maioria dos métodos típicos. Este aspecto implica em ciclos indesejáveis de carga e descarga, que podem afetar o fenômeno de iniciação da trinca.

Este trabalho apresenta os resultados iniciais da avaliação e utilização do sistema de detecção de trincas pela perda de estanqueidade como um possível método para detectar o início de trinca por fadiga.



Método ou técnica	Sensibilidade de detecção de trincas (mm)
Radiografia gama	2% da espessura do componente
Partícula magnética	0,5
<i>Crack Gage</i>	0,25
Emissão acústica	0,1
Correntes parasitas	0,1
Microscópio óptico	0,1 – 0,5
Potencial elétrico	0,1 – 0,5
Propriedade magnética	0,076
Ultrassom	0,050
<i>Eletrodo em gel</i>	0,030
Líquido penetrante	0,025-0,25
Flexibilidade	0,01
Microscópio eletrônico de varredura	0,001
Microscópio eletrônico de transmissão	0,0001
Microscópio de tunelamento com varredura	0,0001

QUADRO 1 – Sensibilidade dos métodos utilizados para detecção de trincas.

Fonte: Adaptado de SHANMUGHAM, LIAW, 1996, p. 518.

## 2. Metodologia

O procedimento experimental ocorreu em três fases, sendo:

a) Fase 1: ensaios preliminares para avaliar o funcionamento da máquina, a sensibilidade do ensaio e comparação de dois tipos de corpo de prova propostos.

b) Fase 2: correções e alterações necessárias para melhorar a sensibilidade do método de detecção da iniciação da trinca e definição do corpo de prova mais adequado ao método proposto.

c) Fase 3: Realização de ensaios para levantar curvas de previsão de iniciação de trincas por fadiga utilizando o método da perda de estanqueidade.

O projeto e detalhes da construção da máquina de ensaios utilizada foram apresentados por Borges (2011). A máquina realiza ensaios de fadiga por flexão alternada, e a detecção da trinca é feita pela perda de estanqueidade. O método utilizado consiste em pressurizar gás argônio através de um furo no corpo de prova. O gás fica estancado até que ocorra a iniciação da trinca e sua propagação pela espessura controlada do furo, provocando a perda da estanqueidade. A pressão do gás é lida por um transdutor diferencial de pressão. O ensaio pode ser interrompido pela queda de pressão devido à iniciação da trinca; pela ruptura total do corpo de prova, detectada por sensor de fibra óptica ou quando atingido o número de ciclos programado. A FIGURA 1 apresenta a máquina de ensaios utilizada nos testes.

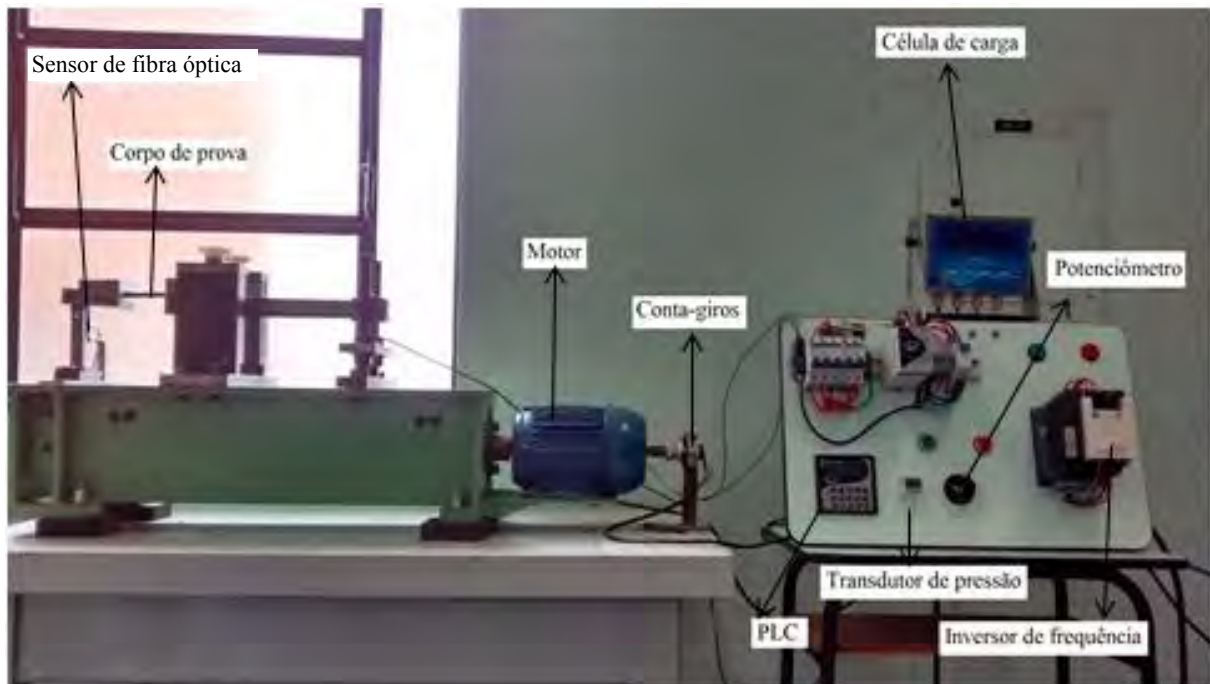


FIGURA 1 – Máquina de ensaio de fadiga por flexão alternada utilizada nos testes.

Foram utilizadas três barras de aço SAE 1045 e foram testadas 45 amostras. A FIGURA 2 mostra a geometria desenvolvida para os corpos de prova (CP) e as duas posições dos furos pressurizados com argônio. A espessura nominal da parede, onde a trinca iniciou, foi de 1 mm. Esta é a menor dimensão detectável por ensaios tradicionais de inspeção não destrutiva (CASTRO; MEGGIOLARO, 2009). A TABELA 1 mostra as propriedades mecânicas das barras. Os ensaios de fadiga foram realizados com  $R = 0,1$  após o ajuste do equipamento.

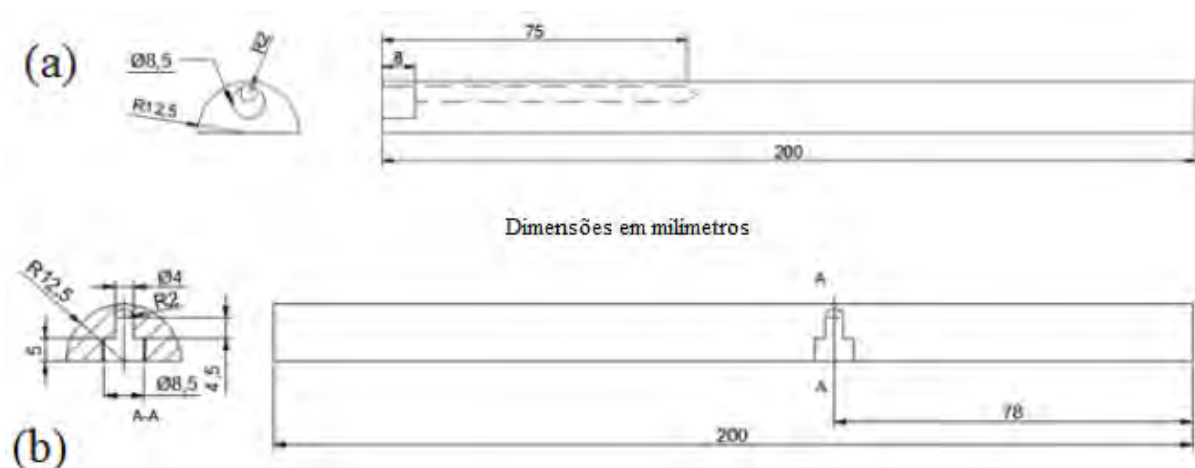


FIGURA 2 – Geometrias dos corpos de prova mostrando a cavidade pressurizada. (a) Tipo 1; (b) Tipo 2.

TABELA 1 – Propriedades mecânicas das barras de aço SAE 1045 utilizadas na fabricação dos corpos de prova.

Barra	Tipo de CP	$\sigma_u$ (MPa)	$\sigma_c$ (MPa)	Dureza (HB)	E (GPa)
1 (trefilada)	1	864,3	802,5	241	206,5
2 (trefilada)	1 e 2	724,0	634,0	229	200,2
3 (usinada)	2	786,0	718,0	229	205,0

Para comparação dos resultados experimentais com estimativas de resistência à fadiga dos corpos de prova, foi utilizado o modelo de Smith-Watson-Topper (SWT) que quantifica o efeito da tensão máxima (SURESH, 2001; CASTRO; MEGGIOLARO, 2009):

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\sigma_c^2}{E\sigma_{m\acute{a}x}} (2N)^{2b} + \frac{\sigma_c\varepsilon_c}{\sigma_{m\acute{a}x}} (2N)^{b+c} \quad (1)$$

Onde  $\Delta\varepsilon$ ,  $N$ ,  $E$  e  $\sigma_{m\acute{a}x}$  representam respectivamente a deformação, número de ciclos, módulo de elasticidade e tensão máxima. Através das medianas de Castro e Meggiolaro (2009) foram estimados os coeficientes e expoentes das partes elásticas e plásticas de Coffin-Manson ( $\varepsilon_c$ ,  $b$  e  $c$ ). Os valores são apresentados na TABELA 2. O coeficiente  $\sigma_c$  pode ser estimado pela Equação (2), como proposto por Castro e Meggiolaro (2009):

$$\sigma_c = 1,5\sigma_u \quad (2)$$

Onde  $\sigma_u$  representa o limite de resistência do material, no caso o aço SAE 1045.

TABELA 2 – Parâmetros da curva  $\varepsilon$ - $N$  segundo as medianas de Castro e Meggiolaro (2009).

Material	$\sigma_c$	$\varepsilon_c$	$b$	$c$
Barra 1	1296,45	0,45	-0,09	-0,59
Barra 2	1086,00	0,45	-0,09	-0,59
Barra 3	1179,00	0,45	-0,09	-0,59

### 3. Resultados

As FIGURAS 3, 4 e 5 apresentam os resultados dos ensaios de iniciação de trinca em corpos de prova extraídos das barras 1,2 e 3 comparados com o modelo SWT de previsão de vida à fadiga, calculada pela Equação (1), utilizando parâmetros das medianas proposta por Castro e Meggiolaro (2009), para o aço SAE 1045.

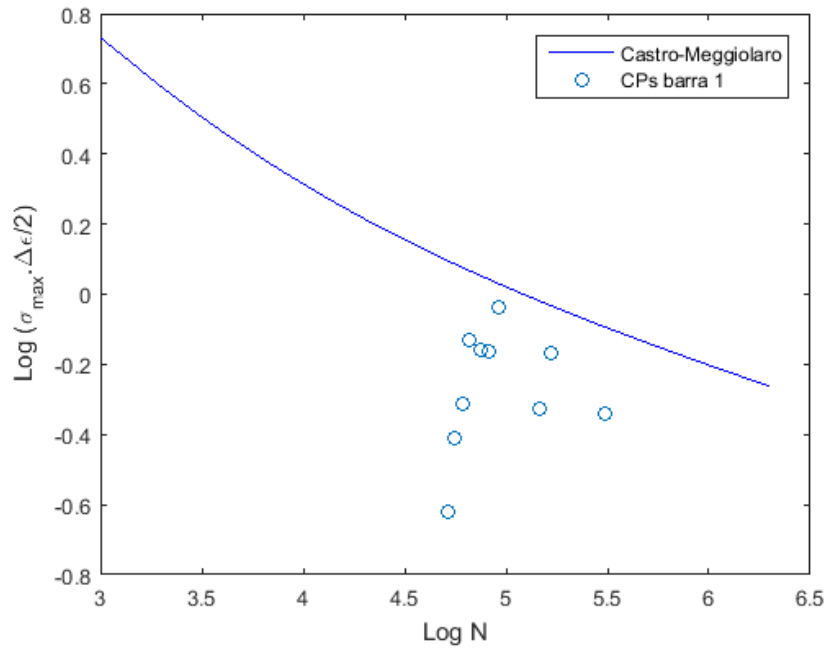


FIGURA 3 – Comparação dos resultados experimentais da barra 1 com o modelo SWT e os parâmetros estimados pelas medianas de Castro e Meggiolaro (2009).

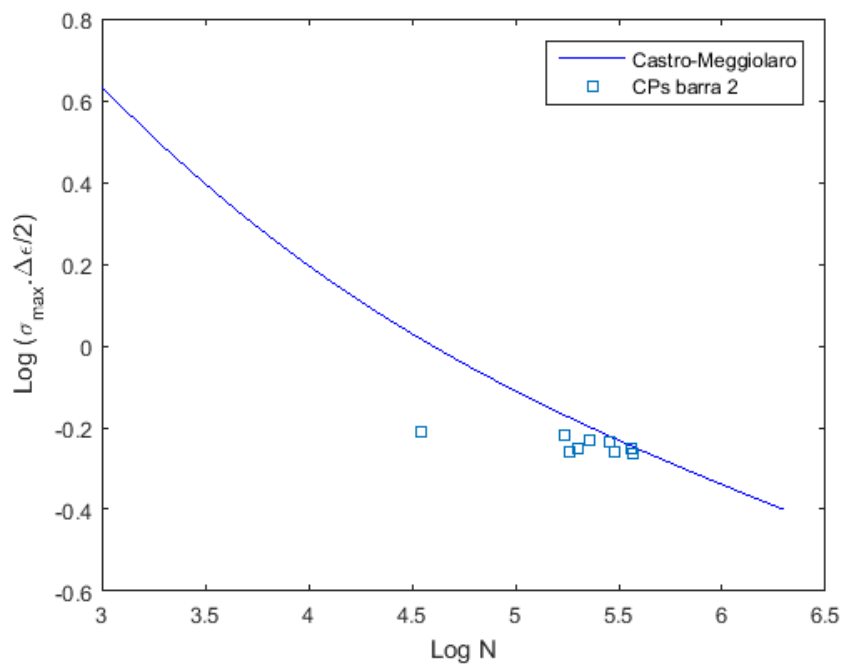


FIGURA 4 – Comparação dos resultados experimentais da barra 2 com o modelo SWT e os parâmetros estimados pelas medianas de Castro e Meggiolaro (2009).

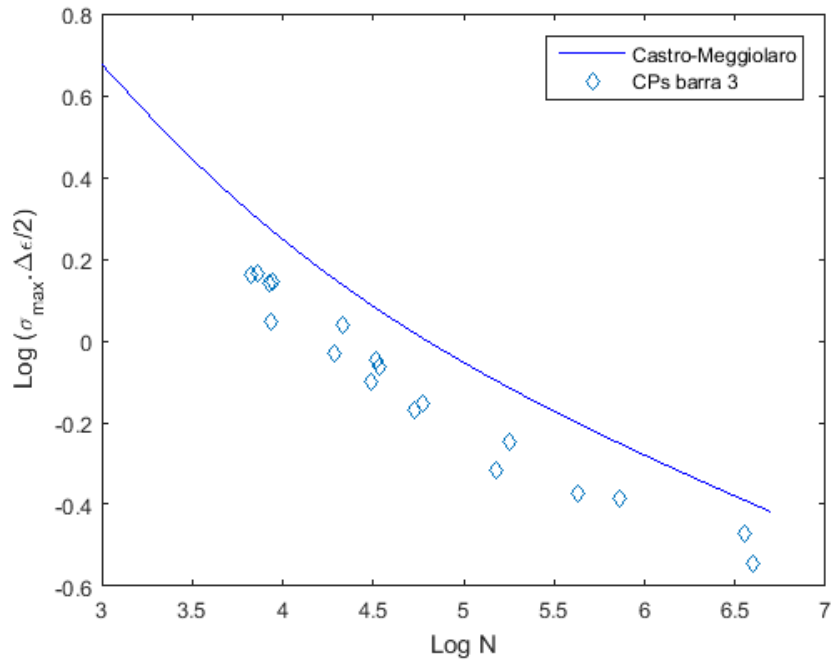


FIGURA 5 – Comparação dos resultados experimentais da barra 3 com o modelo SWT e os parâmetros estimados pelas medianas de Castro e Meggiolaro (2009).

A superfície de fratura de ambos os tipos de corpos de prova é apresentada nas FIGURAS 6 e 7, evidenciando as regiões de trincas por fadiga, corte de serra e fratura brusca provocada intencionalmente.

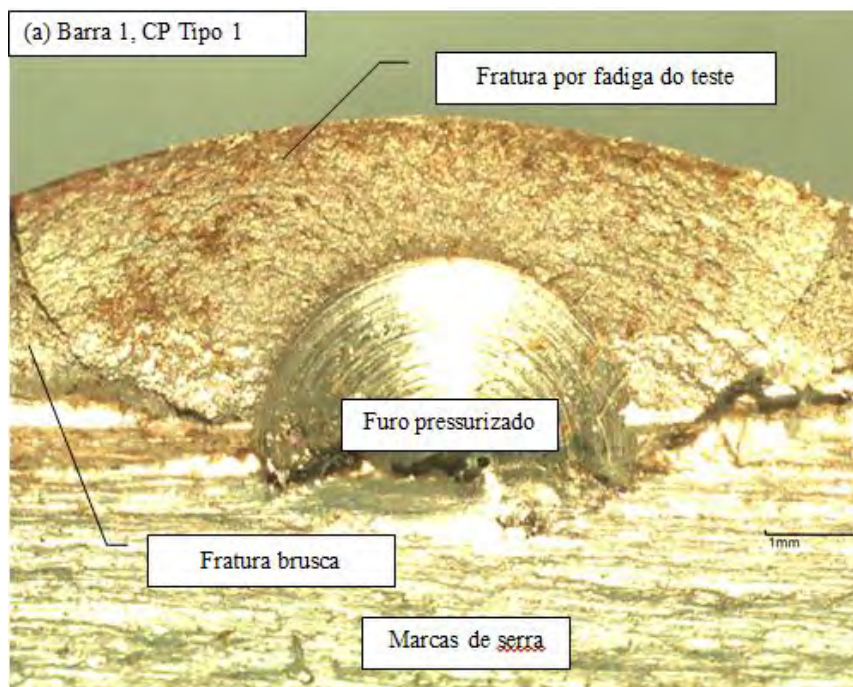


FIGURA 6 – Superfície de fratura do corpo de prova tipo 1.



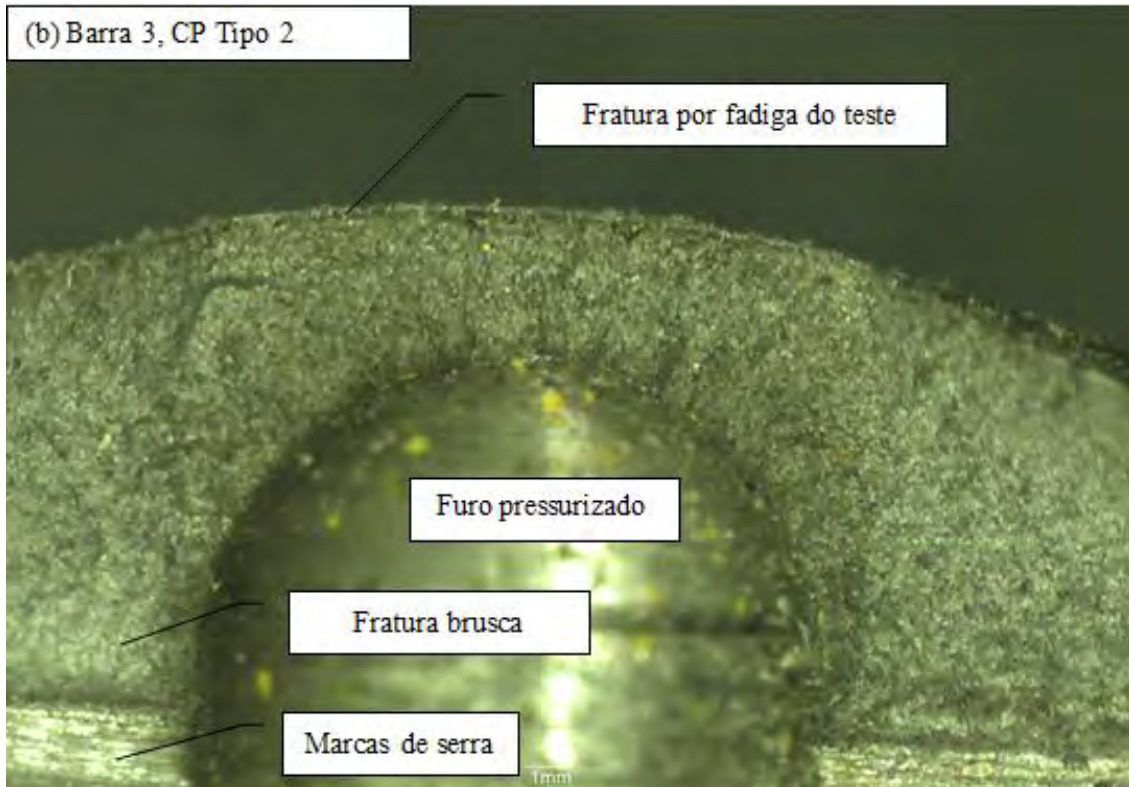


FIGURA 7 – Superfície de fratura do corpo de prova tipo 2.

#### 4. Discussão

As FIGURAS 3, 4 e 5 evidenciaram que o número de ciclos para iniciar e propagar trincas até 1 mm ficaram abaixo do número de ciclos necessários para a ruptura por fadiga previsto pelo modelo SWT com os parâmetros das medianas de Castro e Meggiolaro. Assim, tem-se a indicação que o método de detecção de trinca por fadiga por perda de estanqueidade foi efetivo em determinar o estágio da iniciação de trinca.

Os resultados da barra 1, FIGURA 3, mostraram maior dispersão porque a máquina de ensaio de fadiga estava sendo ajustada e o coeficiente R não era homogêneo. Os resultados das barras 2 e 3, FIGURAS 4 e 5, apresentaram menor dispersão e coerência com o modelo SWT.

As amostras com superfície usinada, barra 3, apresentaram menor número de ciclos do que aquelas com superfície trefilada, barras 1 e 2, com cargas equivalentes. Isto é consistente se considerarem os efeitos benéficos do processo de trefilação na resistência à iniciação da trinca.

#### 5. Conclusões

Considerando que todos os corpos de prova ensaiados apresentaram número de ciclos abaixo da curva de previsão de vida à fadiga para o aço SAE 1045, pode-se concluir que os resultados foram consistentes com os modelos e dados utilizados, indicando que o método de detecção de trinca pela perda de estanqueidade é eficaz e tecnicamente viável.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

Os corpos de prova com superfície usinada apresentaram menor número de ciclos para iniciar a trinca quando comparados com ensaios de carregamentos equivalentes dos corpos de prova com superfície trefilada. Isto indica que o método apresentou sensibilidade suficiente para detectar a influência do acabamento superficial na resistência à iniciação da trinca por fadiga.

Os resultados dos ensaios realizados possibilitaram inferir que a sensibilidade do teste está relacionada com a espessura da parede da cavidade pressurizada, o tipo de transdutor de pressão e o valor de pressão diferencial especificada.

### **Agradecimentos**

A equipe agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por fomentar pesquisa e pelo apoio financeiro (Projeto APQ 510-12) e à Universidade de Itaúna pelo apoio ao projeto de pesquisa.

### **Referências**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM E 1823 Standard Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing*. West Conshohocken, 2009.

BORGES, V. F. *Máquina para ensaio de iniciação de trinca por flexão alternada: detecção pela perda de estanqueidade*. Itaúna: Universidade de Itaúna, 2011.

CASTRO, J. T. P.; MEGGIOLARO, M. A. *Fadiga - técnicas e práticas de dimensionamento estrutural sob cargas reais de serviço: volume I – iniciação de trincas*. [S.l.]: [s.n.], 2009.

DOWLING, N. E; *Mechanical Behavior of Materials*, 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1999.

SHANMUGHAN, S.; LIAW, P. K. *Detection and Monitoring of Fatigue Cracks*. In: ASM Handbook – Fatigue and fracture, v. 19, p. 517-552, 1996.

SURESH, S. *Fatigue of materials*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.



## **Dimensionamento e simulação computacional de esforços mecânicos de dormentes de concreto protendido com e sem adição de fibras de aço**

Aline de Sousa Ferreira<sup>1</sup>

Letícia Mesquita Silva<sup>2</sup>

Tânia Nogueira Fonseca Souza<sup>3</sup>

Este trabalho descreve o dimensionamento de dormentes de concreto protendido com e sem adição de fibras de aço e a simulação computacional dos esforços que agem sobre os mesmos. Com o objetivo de projetar o dormente em conformidade com as especificações das normas ABNT – NBR 11709/15 e da empresa Valec, considerou-se para o estudo, esforços estáticos e dinâmicos. Foram simulados dois dormentes através do software ANSYS 14.5 de forma a comparar os possíveis benefícios das fibras Dramix RC 80/60 BN no dormente. Busca-se verificar a viabilidade da utilização e a resposta do componente quando em condições de serviço. Para cargas estáticas, a simulação mostrou pontos de alta concentração de tensão em ambos os dormentes. Quando comparado ao dormente com fibras de aço, constata-se que, não houve benefícios para a peça, tanto para distribuição de tensões quanto para deformação. Na simulação dinâmica, quando analisada a fadiga, o dormente sem fibras resistiu a 31 ciclos completos de tensão sem fissurar, contra 9234 ciclos do dormente com adição de fibras. Conclui-se que a adição de fibras de aço pode proporcionar um elevado aumento da vida útil da peça, por agirem como ponte de transferência de tensões.

**Palavras-chave:** Dimensionamento. Dormente. Fibras. Simulação.

1. Engenharia Civil, bacharela, Universidade de Itaúna, alinedesousa25@gmail.com
2. Engenharia Civil, bacharela, Universidade de Itaúna, leticiamesquitaengcivil@gmail.com
3. Engenharia Mecânica, doutora, Universidade de Itaúna, tnfsousa@gmail.com

### **1. Introdução**

O Brasil é caracterizado pela sua grande dimensão territorial, sendo o maior país da América do Sul e o quinto maior do mundo em área territorial (MAIA, 2012). Neste contexto, o transporte é o principal responsável pelo desenvolvimento do país, da sociedade e da economia.

Atualmente, o sistema ferroviário apresenta um cenário evolutivo favorável e com esse panorama atual, a escolha dos materiais a serem empregados tanto na ampliação das vias, quanto na manutenção das existentes torna-se essencial para garantir a qualidade da via, aumentar a confiabilidade do modal, diminuir reposições e manutenções e gerar economia.

O dormente, material constituinte da superestrutura ferroviária, projetado para suportar as cargas solicitantes e transferi-las para o lastro, é um dos elementos mais importantes constituintes da via permanente.



Desde sua criação, a malha ferroviária brasileira utiliza dormentes de madeira, porém, a escassez e o respeito ao meio ambiente, levaram as concessionárias a estudarem e testarem outros materiais a serem utilizados como dormentes.

Como alternativa a substituição de dormentes de madeira, propõe-se o uso do dormente de concreto protendido, pois o mesmo apresenta qualidade estrutural superior, melhor estabilidade, alto desempenho e reduzida manutenção, quando comparado aos outros tipos.

Como os dormentes são sujeitos a carregamentos cíclicos durante toda sua vida útil, os materiais que o constituem são submetidos a intenso processo de fadiga. Por isso, o dormente não poderá apresentar fissuras sob o carregamento dinâmico, uma vez que se isso ocorre, há um grande aumento de tensões na armadura de protensão.

Surgiram então novas possibilidades tecnológicas como os concretos reforçados com fibras, que tem como finalidade principal aumentar a absorção de energia (tenacidade), melhorar a resistência ao impacto e à fadiga e controlar a fissuração.

## **2. Metodologia**

A pesquisa realizada estuda a via ferroviária brasileira e seus componentes, aprofunda o estudo em dormentes de concreto protendido e a adição de fibras ao seu compósito. Com a finalidade de realizar um projeto de dormente adequado às vias brasileiras, tendo como base a NBR 11709/15 - Dormente de concreto — Projeto, materiais e componentes, determinar a fibra a ser utilizada e, como principal objetivo, comparar e verificar a influência das fibras no que tange a tenacidade e a resistência a fadiga, sendo utilizada a simulação computacional com o software ANSYS 14.5.

Levando em consideração as disposições normativas da Valec e da NBR 11709/15 adotou-se para o dimensionamento do dormente em estudo, parâmetros para um projeto com medidas mínimas exigidas, a fim de verificar seu comportamento perante os carregamentos solicitados e suas possíveis alterações quando adicionadas fibras de aço ao componente.

### **2.1 Escolha do dormente em estudo**

A experiência tem indicado que a aplicação de dormentes de concreto resulta em vias de qualidade estrutural superior, de melhor estabilidade e desempenho e reduzida manutenção (BASTOS, 1999).

A escolha do dormente em estudo se deu, além de suas vantagens e desempenhos estudados, à sua larga utilização pela Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., empresa pública vinculada ao Ministério dos Transportes.

### **2.2 Problemática**

Como os dormentes são sujeitos a carregamentos cíclicos e altas forças de impacto durante toda a sua vida útil, é desejável que os mesmos apresentem condições de trabalho que façam com que eles sejam uma alternativa para a substituição dos dormentes de madeira.

Pode-se associar a reduzida capacidade de resistência à tração do concreto à sua grande dificuldade em interromper a propagação de fissuras. Assim, caracterizando-se como um material frágil, onde sob o carregamento acima citado a propagação de fissuras ocorre de forma rápida e brusca, o concreto protendido somente não demonstra as características ideais para um dormente.



Para diminuir a deficiência dos materiais cimentícios a adição de fibras ao concreto proporciona a este elemento maior ductilidade, ganho de tenacidade e aumento da durabilidade, dentre outras vantagens. Estas características conferem concreto protendido com adição de fibras um desempenho similar ao desejado em condições ideais de aplicação como dormente.

Retardar o início ou inibir o crescimento das microfissuras é então o principal foco quando aplicado as fibras de aço randomicamente dispersas na matriz do concreto.

A partir do estudo do comportamento estrutural de dormente monobloco de concreto protendido e de dormente monobloco de concreto protendido com adição de fibras de aço, através simulação em software de análise estrutural, submetidos a carregamentos cíclicos de modo a simular a passagem das composições ferroviárias, podemos comparar seus desempenhos e descrever suas atuações perante o carregamento solicitado. Podendo assim, concluir também sobre a influência da adição de fibras de aço neste elemento.

### 2.3 Características gerais adotadas para projeto

De acordo com o Normativo Técnico da Valec Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. e da NBR 11709/15. Adotaram-se os seguintes parâmetros para o dimensionamento do dormente:

- a) Resistência a compressão do concreto – 45 MPa;
- b) Bitola larga (1,60 m);
- c) Velocidade máxima de projeto - 80 km/h;
- d) Velocidade operacional - 60 km/h;
- e) Trilho - TR 57, padrão AREMA;
- f) Cobertura da armação - 30 mm na região superior e 40 mm nas demais partes;
- g) Sistema de protensão - Armadura ativa pré-tracionada;
- h) Cabos de protensão - CP 175 RB E ( $\varnothing$  5 mm);
- i) Não possui armadura transversal;
- j) Superfície de apoio do trilho - Plana e lisa;
- k) Trem tipo – TB - 320 (kN);
- l) Carga por eixo - 480 kN;
- m) Volume aproximado do dormente - 0,128 m<sup>3</sup>;
- n) Peso aproximado do dormente -  $0,128 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 307 \text{ kg}$ .

O ANEXO A demonstra o projeto do dormente, nas condições geométricas adotadas.

### 2.4 Processo de protensão

Considerou-se que o processo de protensão ocorreu com armadura ativa pré-tracionada por ser este o processo com maior utilização na fabricação de dormentes de concreto protendido.

A força máxima aplicada à armadura de protensão pelo equipamento de tração ( $P_i$ ) foi



considerada como sendo de 250 kN.

Assim, conforme Bastos (1999) a força de estiramento dos fios de protensão ou força no macaco ( $P_j$ ) dada em kN, pode ser calculada pela seguinte equação:

$$P_j = P_i * x \quad (1)$$

$x$  são as perdas iniciais por relaxação da armadura e por deformação imediata do dormente, sendo utilizado um valor referencial de 6%. Portanto o valor de  $P_j$  será de 265 kN.

## 2.5 Armadura ativa

De acordo com Valec (2016) o fio de aço para protensão deve ser de alta resistência e estabilizado, para garantir uma relaxação baixa (RB), devendo possuir características mínimas correspondentes às categorias CP 170 RB E ou CP 175 RB E, estabelecidas na norma NBR 7482, da ABNT.

Devido à possibilidade de utilização de armadura de diâmetros menores, o cabo de protensão escolhido foi o correspondente a categoria CP 175 RB E. A FIGURA 1 mostra em destaque a curva tensão x deformação do cabo escolhido.

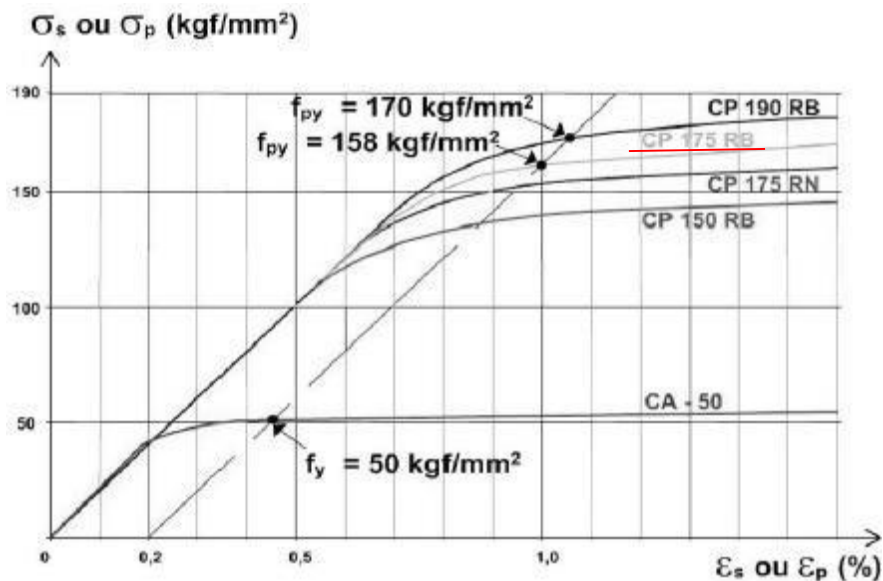


FIGURA 1 – Diagrama tensão x deformação de cabos de protensão. Fonte: BORTONE (2013).

Para cálculo dos valores limites do estiramento da armadura de protensão para aços de relaxação baixa (RB) que no estiramento (JÚNIOR; VERÍSSIMO, 1998):

$$\begin{aligned} \alpha_{pi} &\leq \{0,81 f_{ptk}\} \\ \alpha_{pi} &\leq \{0,90 f_{pyk}\} \end{aligned} \quad (2)$$

$f_{ptk}$  é a resistência característica à ruptura por tração em MPa;



$f_{pyk}$  é a tensão correspondente à 1% de alongamento considerada equivalente à tensão a 0,2% de deformação permanente em MPa;

De acordo com Belgo (2004), o referido cabo possui valor de  $f_{ptk}$  igual a 1.750 MPa e  $f_{pyk}$  com valor de 1.580 MPa, assim:

$$\begin{aligned}\alpha_{pi} &\leq 1.417,5MPa \\ \alpha_{pi} &\leq 1.422MPa\end{aligned}\quad (2)$$

Logo a área da armadura de protensão ( $A_p$ ) dada em  $cm^2$ , será:

$$A_p \leq \frac{P_j}{\sigma_{pi} f_{ptk}} \quad (3)$$

Portanto,  $A_p$  será igual a 1,87  $cm^2$ . Verificando a área, serão utilizadas 10 barras de Ø5 mm (CP 175 RB E) resultando em uma área de 1,96  $cm^2$ .

Para cálculo dos valores limites do estiramento da armadura de protensão temos que na aplicação (JÚNIOR; VERÍSSIMO, 1998):

$$\begin{aligned}\alpha_{pi} &\leq \{0,77 f_{ptk}\} \\ \alpha_{pi} &\leq \{0,86 f_{pyk}\}\end{aligned}\quad (4)$$

Portanto,  $A_p$  será igual a 1,855  $cm^2$ . Da mesma forma pode-se utilizar 10 barras de Ø5 mm (CP 175 RB E) resultando em uma área de 1,96  $cm^2$ .

## 2.6 Cálculo do carregamento

Para efeitos de carregamento foi utilizado o trem tipo TB-320 que aplica uma carga por eixo dos trilhos correspondente a 320 kN.

## 2.7 Fator de impacto

Segundo Cardoso (2015) o fator de impacto vertical ( $\phi$ ) pode ser definido pela Equação 5.

$$\phi = 10^{-3} (1600 - 60\sqrt{l} + 2,25l) < 1,2 \quad (5)$$

$l$  é a distância entre eixos dos trilhos.

Sendo a bitola utilizada 1,6 m e o trilho TR-57 a distância entre eixos será 1,67. Assim o fator de impacto terá um valor de aproximadamente 1,5. Multiplicando-se o valor da carga por eixo pelo fator de impacto vertical tem-se que a carga total por eixo será 480 kN.

## 2.8 Determinação da fibra de aço

Para proporcionar ao dormente as propriedades necessárias como o aumento de tenacidade, melhor resistência ao impacto e a fadiga e controlar a fissuração, a fibra que melhor se adequa a estas características é a RC 80/60 BN, produzida pela empresa ArcelorMittal. Esta foi utilizada em um volume de 2%, pois de acordo com Mehta e Monteiro (2008) *apud* Gois (2010) esse percentual traz ao material maior módulo de ruptura, tenacidade à fratura e de resistência ao impacto.

A FIGURA 2 mostra um esquema com as dimensões da fibra de aço RC 80/60 BN.



FIGURA 2 – Geometria fibra de aço RC 90/60 BN. Fonte: Dramix (2009).

## 2.9 Simulação computacional

A simulação é um processo amplo que engloba não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, buscando descrever o comportamento do sistema, construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas e usar o modelo para prever o comportamento futuro.

Para esta simulação computacional utilizou-se o software baseado em elementos finitos ANSYS 14.5, licenciado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

O dormente monobloco de concreto protendido será denominado Dormente A e o dormente monobloco de concreto protendido com adição de fibras será denominado Dormente B.

Para a realização desta simulação foram utilizados dados experimentais constantes em bibliografia acadêmica além dos parâmetros de projeto definidos no item 2.3.

Destaca-se que a simulação computacional apresenta resultados não conclusivos devido a fatores como a ausência de cabos de protensão nas peças simuladas, por motivos de incompatibilidade da interface com a matriz de concreto e a incerteza dos dados de entrada da simulação, devido a falta de acesso pleno ao arquivo base gerado no software ANSYS 14.5;

Para estimar a resistência característica dos materiais empregados, foram inseridas as informações obtidas dos gráficos de tensão x deformação dos mesmos.

A FIGURA 3 mostra o gráfico que foi utilizado para entrada das características mecânicas na simulação dos materiais a que se referem. Os valores destacados correspondem aos efetivamente aplicados.



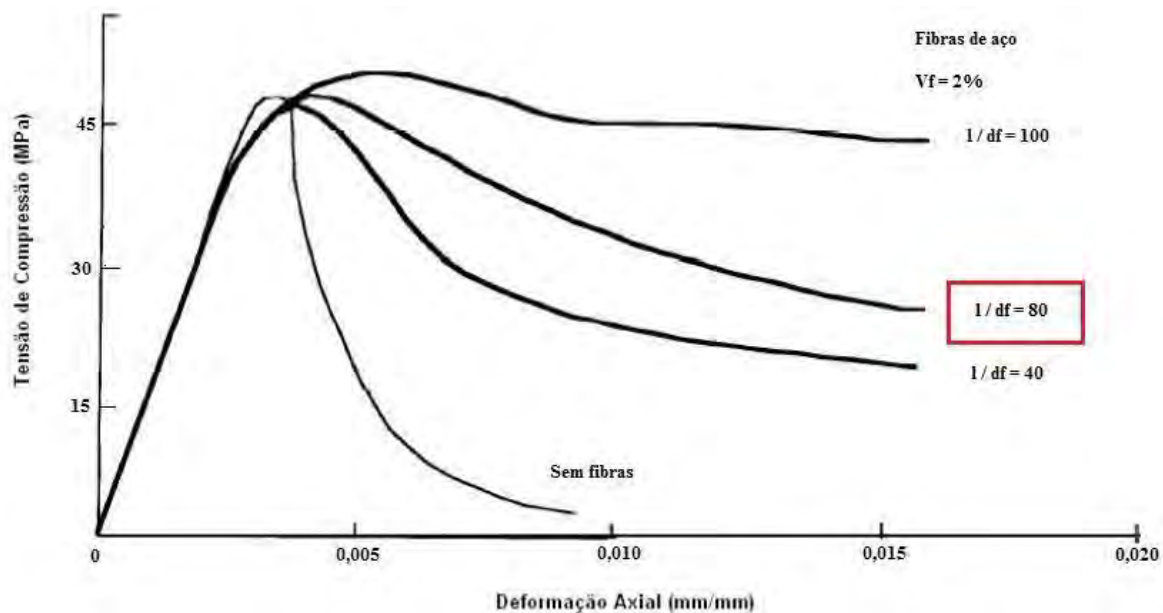


FIGURA 3 – Diagrama tensão x deformação para concreto com e sem adição de fibras de aço Fonte: Adaptado de ACI 544.4R (1988).

### 3. Resultados

#### 3.1 Análise do gráfico tensão x deformação.

Analisando a curva de fator de forma ( $l/df = 80$ ) em comparação à curva do concreto sem adição de fibras do Gráfico 1, verificou-se através da medição da área sobre ambas curvas, um aumento da tenacidade de aproximadamente 3 vezes.

#### 3.2 Simulação de carga estática

A FIGURA 4 mostra as áreas de aplicação da força que estão destacadas em azul, essa área representa o local de apoio dos trilhos, que atua como transferência de cargas para o dormente.



FIGURA 4 – Vista superior do dormente destacando a área de aplicação de força. Fonte: Próprio autor (2016).

##### 3.2.1 Distribuição de tensões principais

Inicialmente, os Dormentes A e B foram submetidos à carga de compressão de 320 kN, que gerou a distribuição de tensões principais ao longo do dormente. Tanto para o Dormente A, quanto para o B, a tensão máxima de compressão atingida foi de mesmo valor, chegando a 1,8966 MPa no ponto mais crítico da peça.

##### 3.2.2 Deformação

Com a finalidade de ainda comparar o comportamento dos dormentes sob efeito a força



de compressão, verificou-se a deformação do dormente a carga atuante, de 320 kN, como citado anteriormente.

Os Dormentes A e B atingiram o mesmo valor de deformação no ponto mais crítico, obtiveram 0,032232 mm.

### 3.3 Simulação de carga dinâmica: esforços cíclicos

Foram aplicados ciclos de tensão definidos em valores de tração e compressão repetidos com regularidade, simulando a passagem do trem tipo sobre o dormente considerando a aplicação da carga e o alívio da mesma.

#### 3.3.1 Fadiga – Dormente A











A FIGURA 5 demonstra o comportamento do corpo-de-prova do Dormente A quando submetido aos ciclos de tensão da simulação.



FIGURA 5 – Comportamento do corpo-de-prova do Dormente A. Fonte: Próprio autor (2016).

A TABELA 1 apresenta os valores de tensões mostradas correlacionados às cores obtidas na FIGURA 5.

TABELA 1 – Valores de tensões cíclicas – Dormente A

Fadiga - Dormente A			
	Ciclos	Carga por eixo	
	17324	480	Máximo
	8596	480	
	4265,3	480	
	2116,5	480	
	1050,2	480	
	521,1	480	
	258,57	480	
	128,3	480	
	63,664	480	
	31,59	480	Mínimo

Unidade: kN

Fonte: Próprio autor (2016).

#### 3.3.2 Fadiga – Dormente B

A FIGURA 6 mostra a simulação de fadiga no Dormente B.

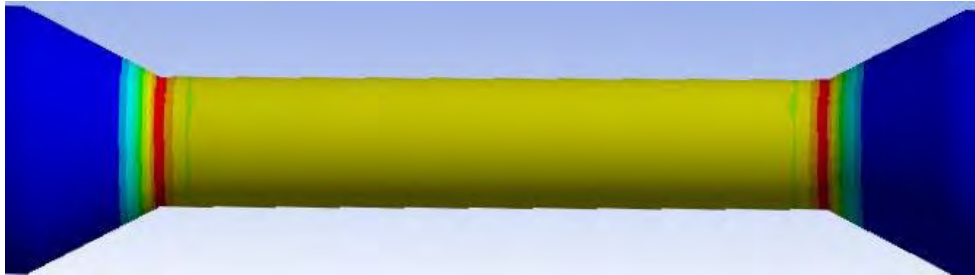


FIGURA 6 – Comportamento do corpo-de-prova do Dormente B. Fonte: Próprio autor (2016).

A TABELA 2 apresenta os valores relativos a FIGURA 6.

TABELA 2 – Valores de tensões cíclicas – Dormente B

Fadiga - Dormente B		
	Ciclos	Carga por eixo
	$1 \cdot 10^8$	480 Máximo
	$3,566 \cdot 10^7$	480
	$1,2716 \cdot 10^7$	480
	$4,5345 \cdot 10^6$	480
	$1,1617 \cdot 10^6$	480
	$5,7662 \cdot 10^5$	480
	$2,0562 \cdot 10^5$	480
	73323	480
	26147	480
	9323,9	480 Mínimo

Unidade: kN

Fonte: Próprio autor (2016).

## 4 Discussão

### 4.1 Carga estática

#### 4.1.1 Distribuição de tensões principais

Os pontos de compressão máxima ocorrem na região de apoio do trilho onde ocorre a aplicação direta da carga. Como o concreto não apresenta características de um material homogêneo, a distribuição de tensões ao longo do dormente, que também possui geometria onde se podem visualizar quinas e pontos de massa diferenciados, é heterogênea.

Para fins de ganhos de resistência, os resultados indicam que a adição das fibras de aço Dramix RC 80/60 BN, não somou benefícios ao dormente, mantendo a distribuição de tensões principais em valores exatamente iguais aos anteriormente obtidos.

#### 4.1.2 Deformação

Avalia-se o comportamento do Dormente B exatamente igual ao Dormente A, concluindo-se que a adição de fibras de aço como proposta de redução da deformação é dispensável.



## 4.2 Simulação dinâmica

### 4.2.1 Esforços cíclicos

De forma comparativa percebe-se a diferença visível entre a paleta de cores apresentadas nas FIGURAS 5 e 6 representando respectivamente os Dormentes A e B sob o efeito de cargas cíclicas. Os resultados indicam que a adição de fibras pode proporcionar um elevado aumento da vida útil mínima da peça.

## 4.2 Conclusão

### 4.2.1 Carga estática

Como propriedade mecânica do concreto, a resistência à compressão é a mais importante dentre outras características que o material apresenta. O concreto utilizado para o projeto dos dormentes possui  $f_{ck}$  igual a 45 MPa, em outros termos, ele deve resistir a uma tensão de compressão de 45 MPa, sem apresentar nenhuma microfissura.

Entende-se que a máxima tensão de compressão submetida por ambos os dormentes após aplicada a carga de serviço, foi de 1,8896 MPa. Apesar de os valores não serem precisos, pode-se observar que as tensões representam apenas 4,2 % do valor máximo que o concreto foi projetado para resistir.

Conclui-se que a adição de fibras de aço não é recomendada para casos em que se necessita acrescentar ao concreto propriedades relacionadas à compressão.

### 4.2.2 Carga dinâmica

A resistência do dormente de concreto à execução de esforços repetidos é uma das necessidades primárias para redução do número de manutenções da via ferroviária.

Objetivando-se este princípio, a análise dos resultados do corpo-de-prova do Dormente B indica a capacidade de contenção de fissuras e de propagação de tensões que as fibras possuem na estrutura de concreto.

O corpo-de-prova do Dormente A possui resistência mínima de aproximadamente 31 ciclos completos de tensão. Tendo em vista que para a utilização do dormente o mesmo não deve apresentar nenhum tipo de fissuração, este seria, portanto, o tempo de vida útil do mesmo.

Já o Dormente B, de forma diferenciada, apresenta valores de resistência mínimos de aproximadamente 9324 ciclos de tensão. Pode-se atribuir este ganho absoluto de capacidade mecânica à aplicação das fibras como pontes de transferência de tensões dentro da estrutura.

Conforme ressaltado, não se pode atribuir os baixos valores obtidos ao comportamento real que um corpo-de-prova de concreto sem adição de fibra teria, devido às inconsistências da simulação.

As fibras de aço, aplicadas em proporções ideais possuem a capacidade de conter o avanço das linhas de tensões sobre a matriz de concreto além de impedir o acréscimo de abertura de fissuras já geradas, proporcionando o “ganho de resistência” pós-fissuração.

A vida útil mínima do corpo-de-prova do Dormente A representa hipoteticamente somente 0,33% da do Dormente B. Assim, os resultados apontam um aumento da durabilidade do componente, justificando a aplicação de fibras de aço em um elemento como o dormente de



**SICIP**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

concreto protendido.

Os pontos críticos do corpo-de-prova (regiões em vermelho nas Figuras 3 e 4) podem ser comparados de forma teórica aos pontos de maior aplicação de tensões no dormente como na região logo abaixo do trilho, que recebe aplicação direta de carga e alívio constantemente.

#### 4.2.3 Conclusão final

Atendendo às especificações normativas (Valec e ABNT – NBR 11709/15) pode-se desenvolver o dimensionamento do dormente de concreto protendido, dentro dos parâmetros mínimos exigidos, a fim de criar um dormente viável, econômico e plenamente aplicável às vias ferroviárias brasileiras.

A demonstração experimental dos benefícios da adição de fibras de aço em dormentes de concreto protendido apresentou resultados de caráter demonstrativo das melhorias que a adição de fibras de aço fornece ao concreto.

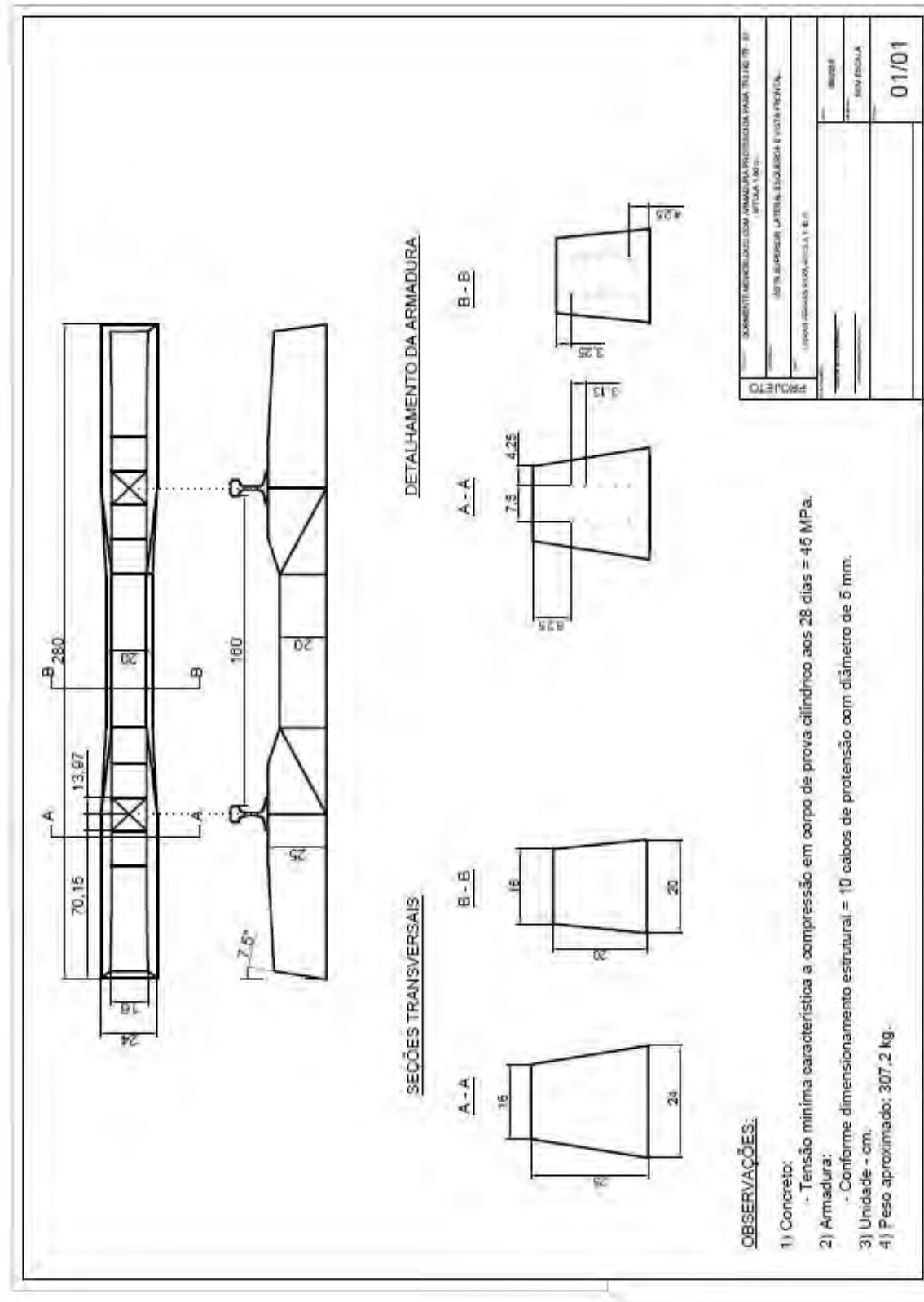
A necessidade de redução de custos na manutenção de vias férreas é atualmente de grande interesse econômico das concessionárias brasileiras. A opção de utilização de dormentes com maior durabilidade e capacidade de absorver maior energia é totalmente atrativa comparado com as opções amplamente utilizadas, como os dormentes de madeiras ou até mesmo o de concreto sem a adição de fibras.

#### Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11709: Dormente de concreto — Projeto, materiais e componentes. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7482: Fios de aço para concreto protendido. Rio de Janeiro, 2008.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Análise experimental de dormentes de concreto protendido reforçados com fibras de aço. 256 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- BORTONE, Thiago Pena. Avaliação das tensões no estado limite de serviço em seções de concreto protendido. 20 p. Artigo (Mestrado Engenharia de Estruturas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- CARDOSO. Pedro Antônio Abrantes. Tabelas gerais de pontes. Divinópolis, 2015.
- GOIS, Fernanda Alves Pinto. Avaliação experimental do comportamento de concreto fluido Reforçado com fibras de aço: Influência do fator de forma e da fração volumétrica Das fibras nas propriedades mecânicas do concreto. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
- JÚNIOR, Kléos Lenz César; VERÍSSIMO, Gustavo de Souza. Concreto Protendido – Fundamentos Básicos. Universidade Federal de Viçosa – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Viçosa, 1998, 78 p. Disponível em: <<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/f6/CP-vol1.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2016.
- MAIA, M. P. F. ECODOR: Proposta de mistura sustentável destinada à fabricação de dormentes de concreto. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído). Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.
- VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.: Normativo Técnico – especificações de projeto. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.valec.gov.br/a-valec/governanca/normas>>. Acesso em: 13 abr. 2016/



ANEXO A – Projeto do dormente de concreto protendido





## Tradução de Libras por Imagem

Daniel Rodrigo Santos Ribeiro<sup>1</sup>

Marco Túlio Alves Nolasco Rodrigues<sup>2</sup>

**Resumo:** A Língua Brasileira de Sinais (Libras), é uma das formas de comunicação entre as comunidades de pessoas surdas ou que apresente alguma necessidade especial auditiva. Esta linguagem é formada por sua estrutura sintática, semântica e morfológica. Aqueles que não são conhecedores da língua de sinais, podem utilizar de aplicativos que traduzem a Libras para a linguagem portuguesa, mas há uma carência de aplicações que fazem a tradução inversa da língua de sinais para a língua portuguesa. Devido a complexidade dos gestos da linguagem de sinais que utilizam mãos, rostos, boca enfim todo o corpo, impacta na criação de aplicativos com fim de tradução da linguagem de sinais para língua portuguesa. Há também uma carência de datasets com os sinais da Libras Brasileira para estudo voltado a finalidade de reconhecimento e interpretação destes sinais. O mapeamento destes sinais e a criação de um dataset é de grande importância para consolidar o desenvolvimento de aplicações para tradução de Libras para língua portuguesa. Com o avanço na área de visão computacional, a cada dia, proporciona meios de desenvolvimento de aplicações mais complexas, permitindo a interação homem máquina de modo mais simples. Este trabalho propõe a criação de um dataset de imagens para o uso em aplicação que traduza a linguagem de sinais para a língua portuguesa, assim concedendo mais liberdade a comunidade de deficientes auditivos, tornando a comunicação bilateral.

**Palavras-chave:** Libras, Visão Computacional, Comunicação.

<sup>1</sup>. Ciência da Computação, Graduado, Universidade de Itaúna, drsantosribeiro@gmail.com.

<sup>2</sup>. Ciência da Computação, Doutorado, Universidade de Itaúna, tulio.rodrigues@gmail.com.

### 1. Introdução

Dados do IBGE mostram que cerca de 9 milhões de pessoas no Brasil são portadores de alguma necessidade especial auditiva. Dentre esse número existe a comunidade surda que é dependente da Língua Brasileira de Libras Sinais (Libras) [QUADROS and Cruz 2009] para realizar a comunicação entre eles e os ouvintes. Algumas ferramentas são importantes para proporcionar a interação com um portador de necessidade especial auditiva como *Hand talk* [Talk 2016] ou *VLibras* [VLibras 2016], ambos fazem a tradução da língua portuguesa para a língua materna dos surdos. Existe uma carência em aplicações que fazem a tradução inversa, deixando assim a comunidade surda em uma situação passiva em nossa sociedade. É grande a falta de dataset encontrada para utilização em estudos, que visam a criação de ferramentas que traduzam os sinais da Libras para língua portuguesa. Uma pequena parcela da população é dotada do conhecimento da língua de sinais ou de ferramentas que auxiliam na interação com um portador de necessidade especial auditiva. Os gestos da linguagem de sinais representam letras do alfabeto como demonstra a FIGURA 1, e também é composta por sinais que representam palavras, verbos, cores, formas, objetos sendo uma linguagem estruturada.

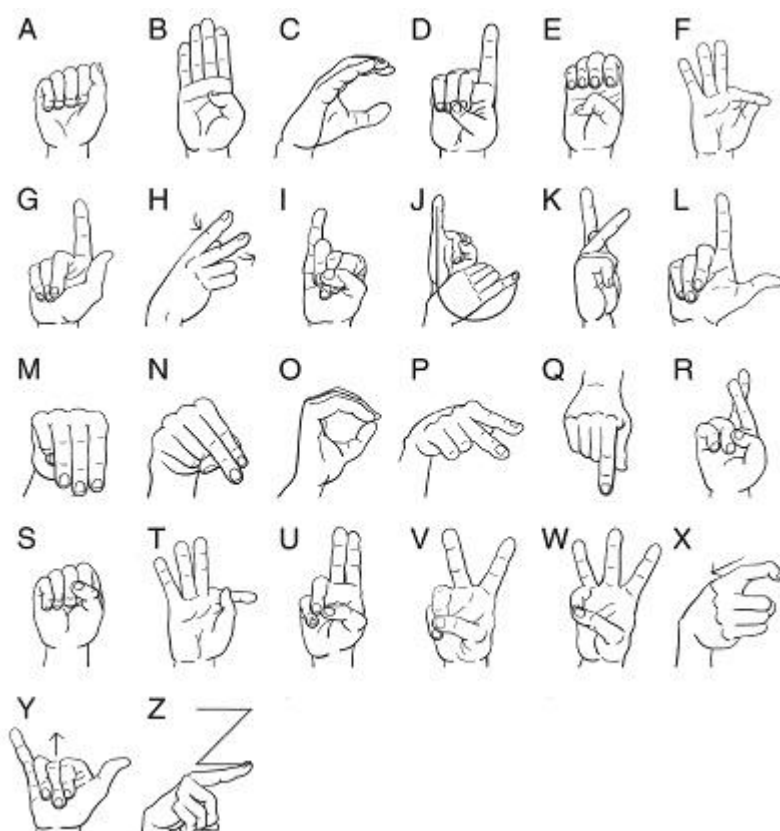


FIGURA 1. Representação do alfabeto português ortografado em Libras.

A proposta deste trabalho é o mapeamento das letras do alfabeto em libras, para a criação de um *dataset* de imagens. Desenvolvendo uma base de dados sólida contendo não somente imagens das letras do alfabeto, mas também os sinais que correspondem a palavras, auxiliaria o estudo e desenvolvimento de aplicações voltadas para a identificação e tradução dos sinais da Libras. Utilizando a biblioteca *Opencv* (*Open Source Computer Vision Library*) e seus classificadores, mapeamos os sinais que expressam as letras do alfabeto onde o desenvolvimento de uma aplicação é capaz de receber uma imagem através de uma câmera estacionária devidamente calibrada, identificar o sinal captado e traduzir para a língua portuguesa. O desenvolvimento de uma aplicação para esta finalidade utiliza classificadores gerados a partir do dataset como mostra a FIGURA 2 onde cada imagem representa uma letra do alfabeto definida pela linguagem de sinais.





FIGURA 2. Letras do alfabeto executado em Libras. Sinais do alfabeto de A a Z sendo fotografados para criação do *dataset*.

Identificado estes sinais e utilizando uma base de dados devidamente treinada, após a captura do sinal por uma câmera estacionária é realizado o reconhecimento do sinal, a tradução para o português e apresentado em forma de texto para o usuário, criando assim um canal de comunicação para aqueles que não são conhecedores da Libras, possam interagir com um portador de necessidades especiais auditivas. A aplicação desenvolvida consiste em receber uma imagem de uma *webcam* e realizar o processamento comparando com os classificadores gerados pelo *dataset* criado.

## 2. Metodologia

Nesta seção, é descrita a metodologia utilizada para criação do *dataset*, a construção do algoritmo, a cascata de classificadores, insucesso na utilização da biblioteca *Canny Edge*

Detector que identifica contornos, e as bibliotecas utilizadas da *OpenCV* (*Open Source Computer Vision Library*).

## 2.1 Criação do *Dataset*

A baixa disponibilidade de datasets no Brasil contendo os sinais da Libras, um *dataset* de língua de sinais de outra nacionalidade como a língua de sinais americana denominada de *ASL* (*America Sign Language*) não pode ser utilizada para o nosso país devido algumas letras e palavras serem representadas de modo diferente. A FIGURA 3 (a) mostra sinal Q em libras com a mão fechada e indicador para baixo com polegar ao lado, e (b) apresentam letra Q por meio de Libras e *ASL* demonstrando a diferença na execução do sinal.

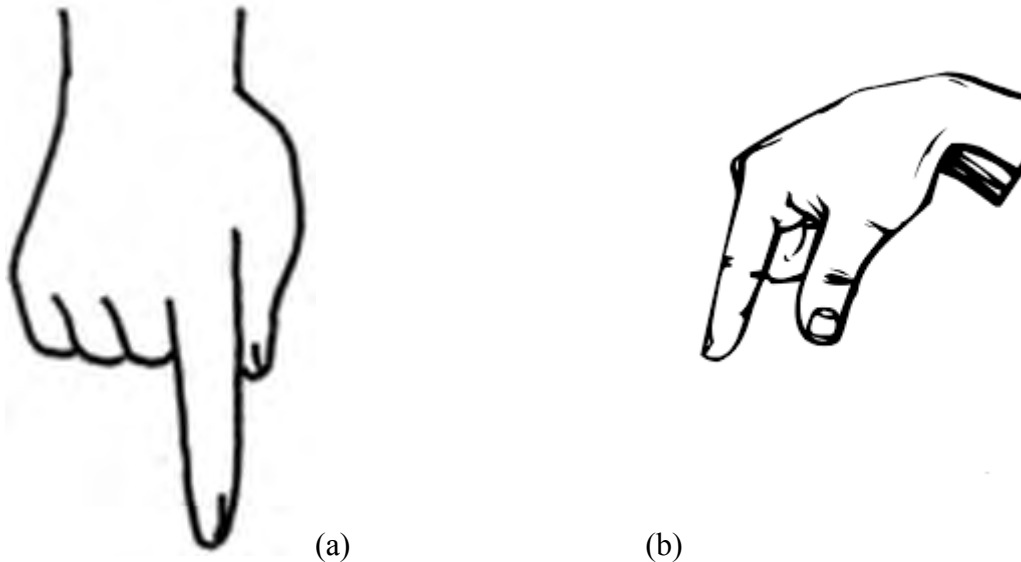


FIGURA 3. Representação de sinais. Em (a) apresenta a representação da letra Q em Libras. Já em (b) apresenta a representação da Letra Q em *ASL*.

Para a criação do *dataset* realizamos a captação da imagem da mão direita dos usuários emitindo os sinais do alfabeto em Libras utilizando uma câmera digital. O *dataset* é dividido entre sinais positivos e negativos, cada letra é executada de maneira correta e errada. Os sinais positivos de cada letra foram fotografados 10 vezes em profundidades diferentes, sinais negativos fotografados não tiveram sua profundidade alternada, sendo estas imagens convertidas para cinza.

## 2.2 Algoritmo Desenvolvido

A implementação do algoritmo é desenvolvida utilizando a linguagem de programação *Python*, o código consiste em abrir uma webcam, criação de uma área de interesse criando uma janela menor obtendo ganho em processamento, realizar a correção de ruídos e



conversão para cinza do vídeo recebido. A imagem é analisada e quando identificada emite a letra correspondente em tela. Abaixo observa-se parte do código implementado.

```
1 import numpy as np
  import cv2
3
  Acascade=cv2.CascadeClassifier('C:\\opencv\\sources\\data\\
  haarcascades\\AA.xml')
5
  captura=cv2.VideoCapture(0)#ABERTURA DE CAMERA ^
7
  captura.set(3,640)
9 captura.set(4,480)

11
  while(True):
13
    ret,frame=captura.read()#LEITURA DO FRAME
15
    roi=frame[80:440,130:490]#CRIA REGIAO ~ DE INTERESSE
17 kernel=np.ones((5,5),np.uint8)
    roi=cv2.morphologyEx(roi,cv2.MORPH_OPEN,kernel)
19
    gray=cv2.cvtColor(roi,cv2.COLOR_BGR2GRAY)#CONVERTE
    PARA TOM DE CINZA
21
    sinalA=Acascade.detectMultiScale(gray,scaleFactor=1.05,
23 minNeighbors=2,minSize=(51,47),maxSize=(106,87),flags=cv2.
    CASCADE_SCALE_IMAGE)
    for(x,y,w,h)insinalA:
25     printx,y,w,h
    font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX

27 cv2.putText(frame,'A',(60+109,39+80),font,5.0,(11,255,255),2,
    cv2.LINE_AA)

29 cv2.imshow('ROI',roi)
    cv2.imshow('Frame',frame)
31
    ifcv2.waitKey(1)&0xFF==ord('q'):
33 break

35 cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()
```

A escolha da linguagem de programação *Python* ocorreu por se tratar de uma linguagem de fácil implementação e que já está bem integrada a biblioteca *OpenCV*. O ganho em

produtividade entre Python e a linguagem C++ muito utilizada para trabalhar com a OpenCV é considerável.

### 2.3 Cascata de Classificadores

OpenCV dispõe da cascata de classificadores [Viola and Jones 2001] biblioteca importante de detecção de faces e objetos. Cascata de classificadores é uma abordagem de aprendizado de máquina, que uma função em cascata é treinada utilizando várias imagens positivas e negativas. A biblioteca analisa as amostras positivas criando padrões entre as imagens negativas em tom de cinza criando padrões de diferenças de intensidade em regiões distintas. Após análise destes padrões ela armazena as características em uma árvore de decisões. A FIGURA 4 mostra parte de um código de cascata de classificadores que são analisados em sequência para criação deste padrão. Para os classificadores executarem um bom treino é necessário uma grande quantidade de imagens positivas e negativas em posições e situações diferentes, onde será associado aos classificadores as diferenças encontradas. É importante que o número de imagens para criação de um dataset seja feito com várias fotos dos sinais em ângulos diferentes, para que seja feito o reconhecimento mais preciso e imediato. As amostras negativas também são um ponto de extrema importância para criação de uma base robusta, onde o cuidado em criar situações adversas para mapear gestos que não representam um sinal da linguagem de libras.

```
<?xml version="1.0"?>
<opencv_storage>
<myhaar type_id="opencv-haar-classifier">
  <size>
    24 24</size>
  <stages>
    <_>
      <trees>
        <_>
          <_>
            <feature>
              <rects>
                <_>
                  0 0 16 2 -1.</_>
                <_>
                  0 1 16 1 2.</_></rects>
              <tilted>0</tilted></feature>
            <threshold>-9.6788266673684120e-003</threshold>
            <left_val>1.</left_val>
            <right_val>-1.0000020265579224</right_val></_></_></trees>
          <stage_threshold>1.</stage_threshold>
        </_>
      </trees>
    </_>
  </stages>
</myhaar>
</opencv_storage>
```

FIGURA 4. Imagem mostra parte do código gerado pela cascata de classificadores.



## 2.4 Biblioteca *Canny Edge*

*Canny Edge* é um poderoso algoritmo de detecção de bordas composto por vários estágios. A detecção de bordas é suscetível ao ruído da imagem. No primeiro estágio para esta correção o algoritmo remove o ruído utilizando o filtro gaussiano. Sendo a imagem suavizada, ela é filtrada com um núcleo de *Sobel* que encontra o gradiente e a direção da borda para cada pixel. Depois de encontrar o gradiente é feita uma varredura completa na imagem para remover os pixels indesejados que podem não constituir a borda. O último estágio é o limite de histerese que decide quais bordas são realmente bordas e quais não são. O insucesso na utilização deste algoritmo é devido ao não reconhecimento total das bordas da mão a FIGURA 5, como demonstrado na figura o que diferencia o sinal da letra K da letra V é o posicionamento do dedo polegar sobre o dedo indicador. É visto na figura que a detecção da borda do dedo polegar é quase imperceptível, causando erro na identificação do sinal K sendo interpretado como o sinal V.



FIGURA 5. Semelhança entre os sinais da letra K e V. Ausência do contorno total do polegar na letra K. Letra K é identificada como letra V.

## 3. Resultados

Para demonstrar o uso de um *dataset* voltado para o desenvolvimento de uma aplicação que interprete os sinais da Libras, a aplicação desenvolvida foi apresentada aos usuários, que se submeteram ao teste de reconhecimento dos sinais da Libras. Entre os usuários o domínio da Libras por parte deles era de total, médio e nenhum conhecimento. Os usuários tiveram um tempo pré-estabelecido de 10 segundos onde um determinado sinal deveria ser lido e interpretado. As vinte e seis configurações da Libras, referente aos sinais do alfabeto, foram executadas dez vezes cada letra. Os sinais que ultrapassaram o tempo determinado para identificação não foram considerados como acerto. Para quantificar estes dados utilizamos a média geométrica  $\sqrt[a * b * c]{...}$  um histograma também exibe a frequência em que os sinais foram identificados.



### 3.1 Usuário 1

O usuário 1 apresentou um média geométrica  $\sqrt[26]{1; 555492378 * 10^{18}} = 5; 00$ . Este usuário tem uma bom conhecimento da língua de sinais. A FIGURA 6 demonstra o histograma do reconhecimento dos sinais. O eixo horizontal assinala as letras de A a Z, já o eixo vertical marca dentro do numero de tentativas conforme mencionado acima, a quantidade de vezes que um determinado sinal foi identificado. Pode-se observar que o usuário com maior domínio da linguagem obteve a maior média geométrica. Estes bons resultados foram alcançados pela facilidade e precisão na execução dos sinais. Um sinal com clareza na sua execução gera maiores informações positivas que são comparadas com os classificadores gerados pela base de dados criada.

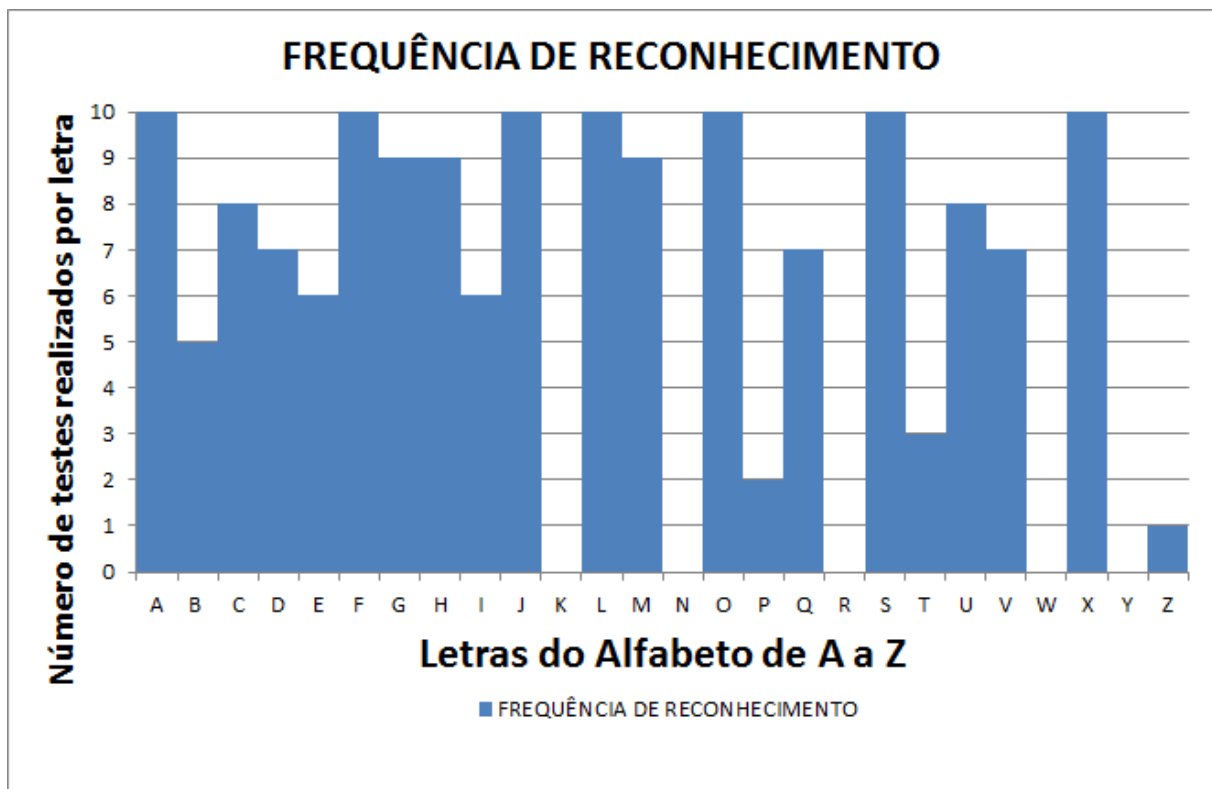


FIGURA 6. Histograma do teste de reconhecimento dos sinais usuário 1.

### 3.2 Usuário 2

O usuário 2 apresentou um média geométrica  $\sqrt[26]{6.58409472 * 10^{14}} = 3,71$ . O usuário é dotado de médio conhecimento da língua de sinais, a FIGURA 7 exhibe seus resultados apurados. Observa-se que a média geométrica apresentada manteve muito próxima ao usuário 1, o fator importante foi o conhecimento da linguagem por parte deste usuário.

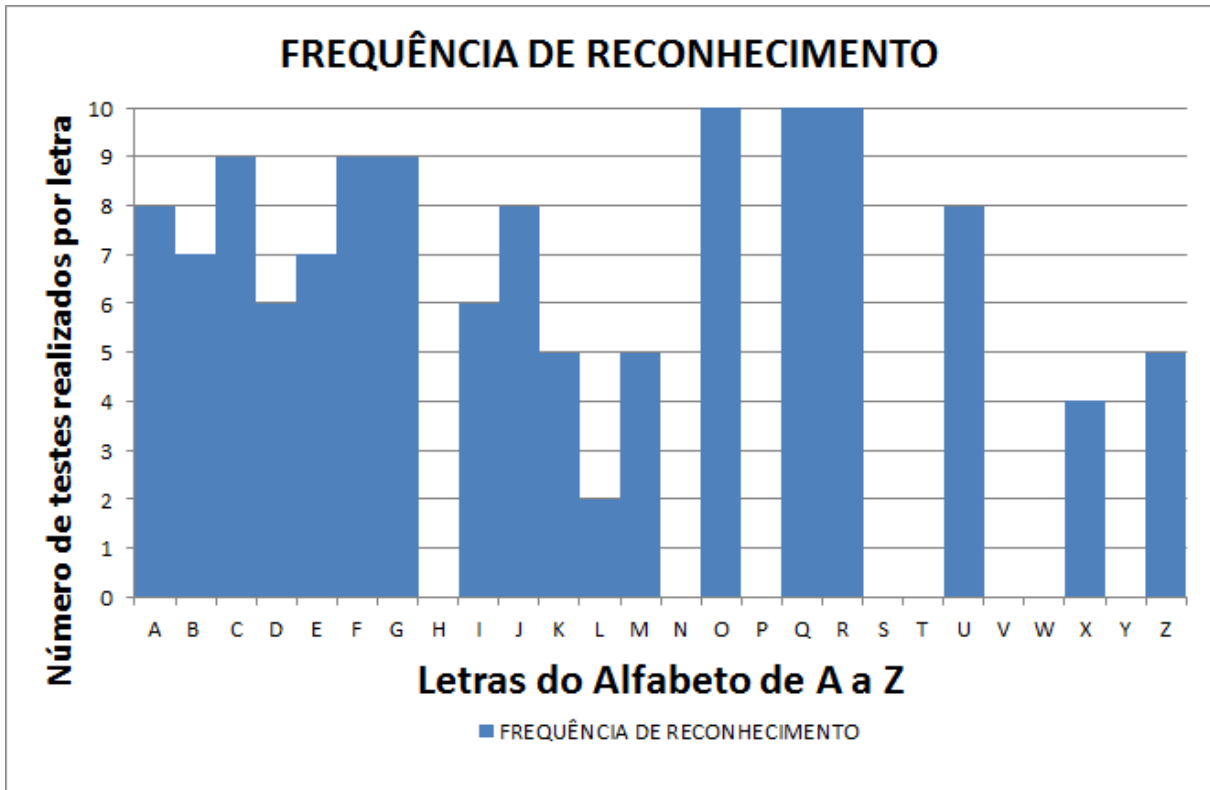


FIGURA 7. Histograma do teste de reconhecimento dos sinais usuário 2.

### 3.3 Usuário 3

O usuário 3 apresentou uma média geométrica  $\sqrt[26]{4.72392 * 10^{11}} = 2,81$ . Este usuário não era conhecedor da Libras, após a apresentação da linguagem o usuário foi submetido ao teste. Este usuário apresentou dificuldade na execução dos sinais alcançando uma média geométrica inferior aos demais usuários como mostra a FIGURA 8 que relaciona seus resultados. Mesmo apresentando uma média inferior aos demais foi comprovada que basta um pouco de conhecimento na linguagem de sinais, que um interpretador auxiliaria a comunicação deste usuário.

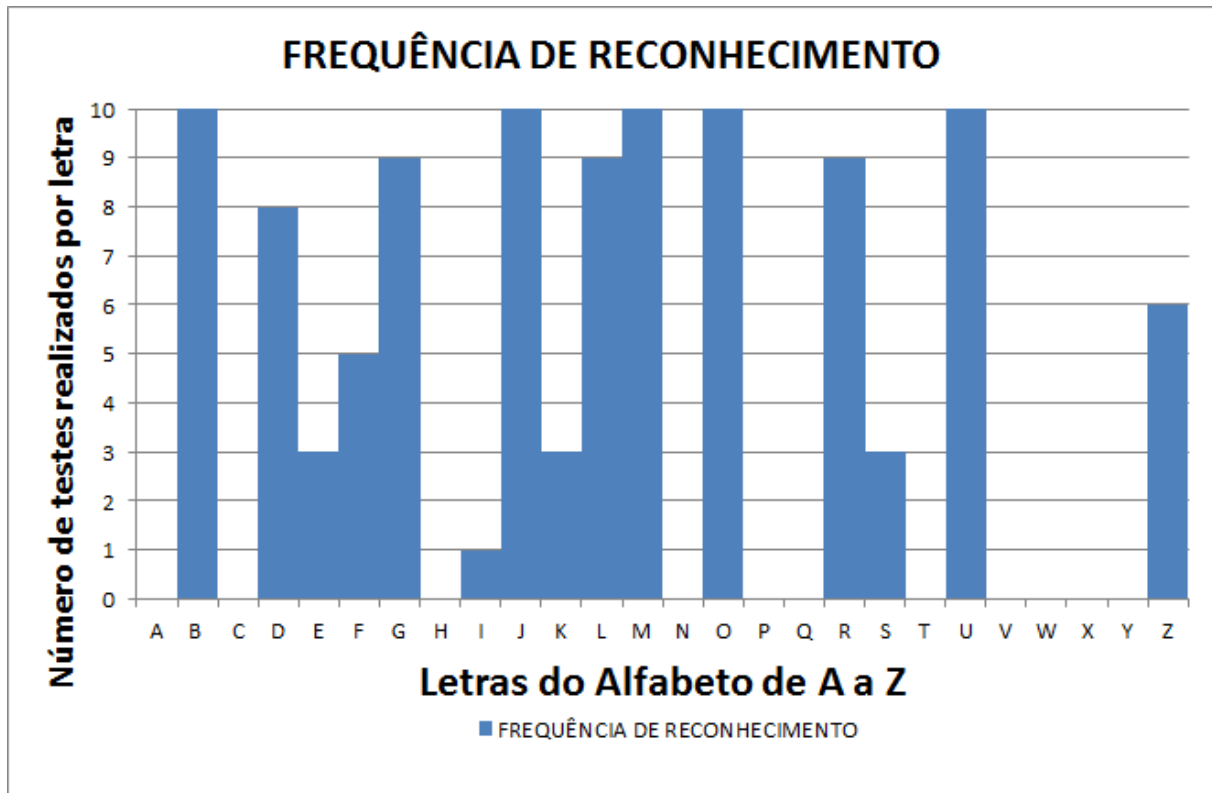


FIGURA 8. Histograma do teste de reconhecimento dos sinais usuário 3.

#### 4. Conclusão

A Linguagem Brasileira de Sinais é muito bem estruturada, onde pode se classificar e mapear suas características. Extraíndo suas características e definindo uma base de dados sólida, podemos utilizá-la na criação de ferramentas para auxiliar na comunicação de um portador de necessidade especial auditiva ou aprendizado da língua de sinais por um ouvinte. Pontos importantes foram observados na criação do dataset e no uso da aplicação desenvolvida. Aspectos como iluminação do ambiente para captação dos sinais para o *dataset* e leitura dos sinais através de uma *webcam* pelo interpretador são fatores de grande influência que impacta na identificação dos sinais. Temos que observar também as semelhanças de alguns sinais que são executados quase que da mesma maneira. Verificamos também que os usuários com maior conhecimento dos sinais da Libras, executam os sinais de modo mais natural facilitando assim a leitura e interpretação dos sinais. Os testes para o mapeamento do alfabeto apresentou bons resultados na identificação dos sinais realizados. Com o uso de um *dataset* bem elaborado para linguagem de sinais, e o avanço crescente no campo da visão computacional é viável a utilização de um *dataset* para o estudo e desenvolvimento de aplicações voltadas a interpretação e tradução da linguagem de sinais para língua portuguesa falada e escrita.

#### Referências





DE QUADROS, Ronice Müller; KARNOPP, Lodenir Becker. **Língua de sinais brasileira: estudos lingüísticos**. Artmed Editora, 2009.

TALK, H. (2016). Hand Talk tradutor automatico para libras, a língua brasileira de sinais.

VIOLA, Paul; JONES, Michael J. Robust real-time face detection. **International journal of computer vision**, v. 57, n. 2, p. 137-154, 2004.

VLIBRAS (2016). Vlibras tradutor automatico para libras.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Óleo Vivo – Programa de Conscientização, Coleta e Beneficiamento de Óleos e Gorduras Residuais, com Propósito de Produção de Biodiesel**

**Alex Nogueira Brasil<sup>1</sup>**

**André Nogueira Brasil<sup>2</sup>**

**Bruna Scarpelli<sup>3</sup>**

**Camilla Paixão Neves<sup>4</sup>**

**Fabrcio Pereira Costa<sup>5</sup>**

**Karina Ingrid Rezende<sup>6</sup>**

**Héilton Gilmar Coutinho Júnior<sup>7</sup>**

**Fernanda Mara Tomaz Pereira<sup>8</sup>**

**Larissa Conceição Gonçalves<sup>9</sup>**

**Luciana Rodrigues dos Santos<sup>10</sup>**

**Wilker Egg Henriques Gomes<sup>11</sup>**

**Resumo:** Todos os dias, milhões de litros de óleos vegetais são utilizados por diversos estabelecimentos, na fritura de alimentos. Com o uso, o óleo sofre alterações físico-químicas (oxidação, polimerização e hidrólise) desencadeadas pelas altas temperaturas, presença de oxigênio e exposição à luz; conseqüentemente as partículas dos alimentos se desprendem, alterando sua cor, odor e sabor. No decorrer destas reações, as qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais do óleo se modificam e podem comprometer a qualidade dos alimentos. Torna-se necessário então, sua substituição periódica, fazendo com que milhares de litros sejam descartados de forma incorreta no meio ambiente (rede de esgoto). A implantação de um programa de coleta e reciclagem de óleo residual (óleo de cozinha) para produção de biodiesel margeia os campos tecnológico, social e ambiental. Tecnológico pela pesquisa em biocombustíveis, ambiental pelo não descarte do óleo residual de forma inadequada e social pela conscientização da comunidade quanto ao descarte, recolhimento e uso adequado do óleo residual, com conseqüente geração de empregos e renda. Neste contexto o biodiesel produzido a partir de óleos residuais utilizados na cocção de alimentos, apresenta-se como uma alternativa para a substituição parcial ou total do Diesel de petróleo, pois é produzido a partir de fontes renováveis, é biodegradável e seus níveis de emissão de gases causadores do efeito estufa são bem inferiores. O principal objetivo deste projeto é reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto do óleo oriundo dos processos de fritura de alimentos nos municípios de Itaúna, Paracatu e Vazante. Para tal finalidade A BChem Biocombustíveis em parceria com o grupo ENERBIO (Grupo de Pesquisa em Energias Renováveis e Biocombustíveis da Universidade de Itaúna), o GTA (Grupo de Tecnologias Ambientais do departamento de química da Universidade Federal de Minas Gerais), a Votorantim Metais e a FIAT Automóveis, propõem a implantação de um programa de conscientização ambiental, coleta e beneficiamento de óleo residual com a finalidade de produção de biodiesel e glicerina.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Óleos residuais. Ultrassom.



1. Engenheiro/professor, Dr., Universidade de Itaúna, brasil@uit.br.
2. Advogado/publicitário, Esp., Universidade de Itaúna, andre@bchem.com.br.
3. Engenharia de Produção, Graduando, Universidade de Itaúna, brunascarpelli2@gmail.com
4. Engenharia Civil, Graduando, Universidade de Itaúna, c4amillapaixao@gmail.com
5. Engenheiro/MBA, Esp., Fundação Dom Cabral, f.costa@bchem.com.br.
6. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, karinarezzende@gmail.com
7. Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, helitongcj@hotmail.com
8. Engenharia de Produção, Graduando, Universidade de Itaúna, fernandapereira@bchem.com.br.
9. Engenharia Civil, Graduando, Universidade de Itaúna, larissaa.goncalves@gmail.com
10. Engenharia de Produção, Graduando, Universidade de Itaúna, luciana\_santoos07@hotmail.com
11. Engenharia de Produção, Graduando, Universidade de Itaúna, wilker\_gomes@yahoo.com.br

## 1. Introdução

Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas oleaginosas e fazem parte da dieta humana. Os óleos e gorduras são predominante triésteres de ácidos graxos e glicerol. O tipo de ácido graxo oferecido na dieta pode influenciar no aumento de gordura do tecido adiposo e ganho de peso corporal. Por outro lado, os óleos utilizados na fritura de alimentos são responsáveis por aspectos nutricionais importantes, envolvendo o transporte de vitaminas e fornecimento de ácidos graxos essenciais para a saúde. Porém durante o processo de fritura, várias substância degradantes são produzidas, como resultados de uma grande diversidade de reações físico-químicas, tais como: oxidação, hidrólise, e polimerização; desencadeadas pelas altas temperaturas, presença de oxigênio e exposição à luz. Essas reações podem levar a perda da qualidade do óleo, trazendo riscos para quem consome. Por isso a correta utilização do óleo vegetal durante o processo de fritura e seu posterior armazenamento são de extrema importância para que a população tenha um alimento saudável e nutritivo.

Pode-se verificar a qualidade desse óleo observando aspectos da cor, sabor, textura e odor. O Brasil não tem nenhum regulamento que defina legalmente o monitoramento de descarte para óleos e gorduras no processo de fritura. Porém, em dezembro de 2003, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) recebeu documentação da Associação de Defesa do Consumidor, fazendo requerimento à participação nas ações para criação de Norma Brasileira que dispusesse sobre a utilização e o descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura. Em decorrência disso, a ANVISA determinou as recomendações de boas práticas, que se encontram disponíveis para consulta pública.

- 1- ácidos graxos livres: não superior a 0,9%;
- 2- teor de compostos polares: até 25%;
- 3- ácido linolênico: limite de 2%.

Conforme BRASIL et al (2016), todos os dias milhões de litros de óleos vegetais são utilizados por diversos estabelecimentos na fritura de alimentos. Com o uso, o óleo sofre alterações físico-químicas desencadeadas pelas altas temperaturas, presença de oxigênio e exposição à luz. Torna-se necessário então, sua substituição periódica, fazendo com que milhares de litros sejam descartados de forma incorreta no meio ambiente. A implantação de um programa de coleta e reciclagem de óleo de cozinha para produção de biodiesel margeia os campos tecnológico, social e ambiental. Neste contexto o biodiesel produzido a partir de



**SICT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

óleos residuais utilizados na cocção de alimentos, apresenta-se como uma alternativa para a substituição parcial ou total do diesel de petróleo, pois é produzido a partir de fontes renováveis, é biodegradável e seus níveis de emissão de gases causadores do efeito estufa são bem inferiores. A FIGURA 1, mostra a Usina móvel de produção de biodiesel, com capacidade produtiva máxima de 40.000 litros/mês.



FIGURA 1: Usina Móvel de Produção de Biodiesel.

## 2. Metodologia

O primeiro passo do programa de conscientização sócio-ambiental refere-se à realização de palestras e treinamentos no município de Itaúna, Paracatu e Vazante, envolvendo donos de bares e restaurantes, diretores de escolas, representantes de associações de bairro, etc. Essas palestras têm o intuito de sensibilizar os representantes da comunidade, a fim de que reconheçam a importância ambiental e socioeconômica da coleta do óleo de cozinha.

Num segundo momento, em parceria com as prefeituras dos municípios envolvidos, serão distribuídas cartilhas explicativas versando sobre os efeitos da gordura saturada no organismo humano, a maneira correta para reutilização do óleo de cozinha, a necessidade do recolhimento deste e a possibilidade de seu aproveitamento para produção de biodiesel, o objetivo principal do programa.

O óleo residual de frituras alimentícias gerado pelos mais de 84.000 habitantes da cidade de Itaúna, não tem um destino final adequado e o município não possui sistema de tratamento de esgoto, fazendo com que todo o resíduo tenha como destino final os mananciais da região.

O potencial de óleos e gorduras residuais gerados em cidades no entorno das Minas da Votorantim Metais e do município de Itaúna, pode ser observado nas FIGURAS 2 e 3.

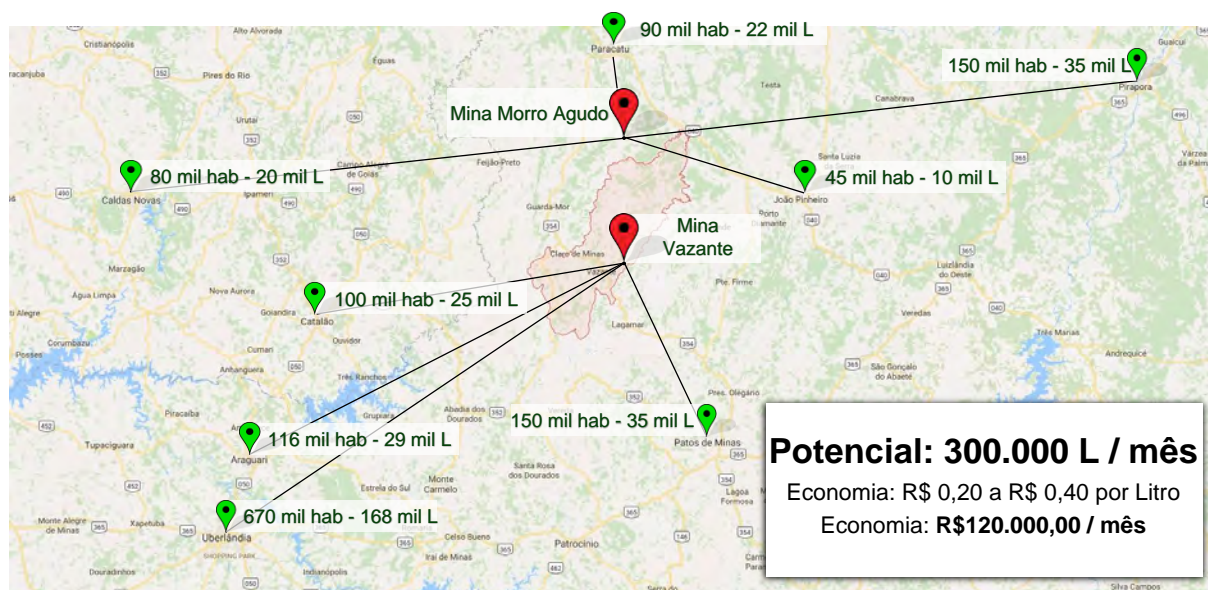


FIGURA 2: Cidades do entorno das minas da Votorantim Metais e seu respectivo potencial de óleos e gorduras residuais.

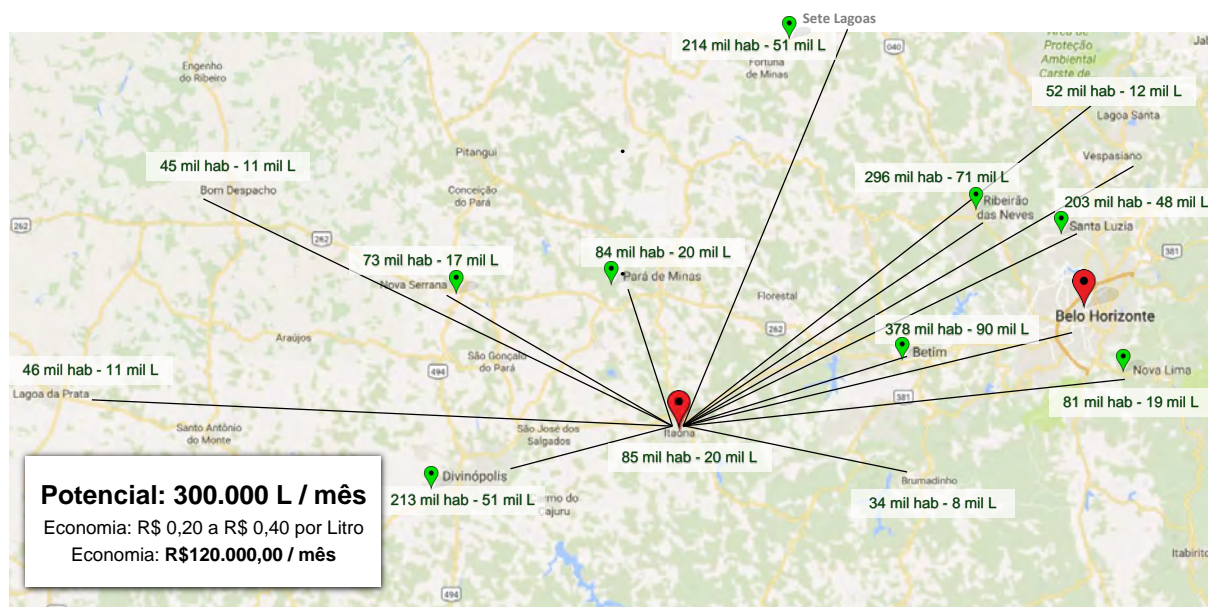


FIGURA 3: Cidades próximas à Itaúna e suas capacidades de coleta de óleos residuais.

Ao ser lançado na rede de esgoto sem nenhum tipo de tratamento, o óleo, mais leve que a água, fica na superfície criando uma barreira que dificulta a oxigenação da mesma, comprometendo assim a base da cadeia alimentar aquática. Além de gerar graves problemas de higiene e mau cheiro, a presença de óleos e gorduras na rede de esgoto causa entupimento, atrai pragas urbanas (ratos, baratas, etc) que se alimentam desse rejeito e causam o mau funcionamento das estações de tratamento, acarretando prejuízos. Para retirar o óleo são empregados produtos químicos altamente tóxicos, o que acaba criando uma cadeia perniciosa.



Além de causar danos irreparáveis ao meio ambiente, constitui uma prática ilegal, punível por lei (Alberici, 2004).

Realizada a conscientização, será implementado um programa de coleta e reciclagem do óleo residual para a produção do Biodiesel, que além de contribuir para redução do impacto ambiental, poderá gerar renda para a própria população. Pretende-se fazer um convênio com as prefeituras, para criar postos de coleta do óleo usado em escolas, postos de saúde e supermercados. Esses postos de coleta serão divididos em zonas ou regiões, para facilitar a logística de coleta. Espera-se que as cooperativas que fazem a coleta seletiva do lixo nas cidades mencionadas, adotem o “dia do óleo”, onde um caminhão de carroceria aberta percorrerá as ruas, recolhendo nas residências e condomínios, o óleo de uso doméstico acondicionado em garrafas plásticas.

O acondicionamento do óleo nessas garrafas plásticas deve seguir as seguintes orientações:

- nas residências e condomínios, o óleo residual doméstico deverá ser acondicionado, após seu resfriamento, na própria garrafa plástica original do óleo ou em garrafas do tipo PET previamente lavadas com água corrente sem uso de sabão. Sempre que possível, um funil com gaze ou coador deverá ser utilizado para separar os resíduos sólidos;
- bombonas padronizadas com volume de 40 litros, confeccionadas em polietileno de alta densidade foram especificadas, adquiridas e serão disponibilizadas aos estabelecimentos comerciais e pontos de coleta.

Após o recolhimento, o óleo é filtrado e passa por um pré tratamento para a retirada de partículas sólidas e gerando matéria prima padronizada com um índice de pureza em que o número de partículas em suspensão não seja superior a 1% e as partículas não sejam superiores a 5 micrômetros. A FIGURA 4 ilustra a coleta e armazenamento do óleo.



FIGURA 2: Coleta e armazenamento do óleo residual de cozinha.



A borra residual do processo de filtração será destinada à compostagem e o óleo de qualidade inferior passará por um processo de correção de acidez para a posterior produção de biodiesel. O processo de secagem tem o objetivo de retirar o excesso de água resultante da fritura de alimentos que pode provocar a saponificação do óleo, acarretando emulsões de difícil separação. Outro fator importante a ser observado é a umidade presente no óleo residual que favorece a produção de hidrólise residual e a quebra de ligações do éster glicérido, formando ácidos graxos livres e aumentando a acidez.

### 3. Resultados e Discussão

A Usina Móvel de Biodiesel que será utilizada, possui capacidade de produção de 30.000 litros de biodiesel por mês e se encontra nas instalações da Universidade de Itaúna. Projetada e construída pela Biominas Engenharia com o objetivo de transformar óleo de fritura pré-tratado em biodiesel, produzirá cerca de 20.000 litros de biodiesel por mês e utilizado em veículos. Esta usina possui viabilidade econômica e desenvolvimento sustentável através da cooperação e reaproveitamento de recursos, sendo inovador e gerando baixo índice de resíduos no processo. Além disso gera novas fontes de renda, locais de trabalho e consciência ambiental.

A usina pode produzir biodiesel utilizando qualquer óleo vegetal in natura ou residual (soja, canola, girassol, etc), porém o foco principal é processar óleo de fritura, viabilizando a destinação correta para esse resíduo urbano e protegendo o meio ambiente.

### 4. Conclusão

A unidade modular (móvel) de produção de biodiesel capaz de operar com um inovador reator de fluxo contínuo por irradiação ultrassônica e sistema de lavagem a seco foi projetada e operada com sucesso..

O programa Óleo Vivo foi implementado com em escala piloto com excelentes resultados. O caráter socioambiental do projeto foi fundamental para o sucesso da iniciativa, ou seja, o projeto visa a destinação de forma ecologicamente correta dos óleos e gorduras residuais (poluidor potencial) com propósito de geração de energia limpa. O objetivo principal do projeto Óleo Vivo é reduzir o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto do óleo utilizado em frituras. A proposta é implantar um programa de conscientização, coleta e reciclagem do óleo com a finalidade de produção de biodiesel, com auxílio da Usina Móvel que se encontra na Universidade de Itaúna.

### 5. Agradecimentos

Agradecemos ao PAFAP UI - Programa de Apoio, Fomento e Acompanhamento de Pesquisa da Universidade de Itaúna e a FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

### 6. Referências

AMBIENTE BRASIL. Reciclagem. Disponível em: . Acessado em março de 2008.

BRASIL, A. N.; OLIVEIRA, G. C. S.; SANTANA, L. F. S.; LARA, G. M. C.; BORGES, S. C. S. Projeto FIAT – miniusina automática para produção de biodiesel a partir de óleos residuais por irradiação ultrassônica. 6º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 9º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, Brasil, 2016.

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. COLETA SELETIVA DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA



APROVEITAMENTO INDUSTRIAL. in Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental (2008)

TUA SAÚDE. Acroleína nas gorduras. Disponível em: <https://www.tuasaúde.com/cuidado-com-a-acroleína-nas-gorduras> - Acessado em setembro de 2017.





**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

## **Otimização do processo de produção de biodiesel de óleos residuais em escala piloto através de rota inovadora utilizando irradiação ultrassônica para uso em motores de veículos da frota de mineração**

Alex Nogueira Brasil<sup>1</sup>

Fabício Pereira Costa<sup>2</sup>

Luiz Felipe de Sousa Santana<sup>3</sup>

Raquel Valadares Coelho Batista<sup>4</sup>

Geraldo do Carmo Santos Oliveira<sup>5</sup>

Leandro Sávio da Costa Rocha<sup>6</sup>

Guilherme Geraldo Faria Alves<sup>7</sup>

Alan Henrique Pereira Malta<sup>8</sup>

Matheus Camargos Santos Silqueira<sup>9</sup>

Mário Sérgio Dutra Campidelli<sup>10</sup>

Alisson Rodrigues de Morais<sup>11</sup>

**Resumo:** A BChem Biocombustíveis, startup brasileira, em parceria com a Universidade de Itaúna, Universidade Federal de Minas Gerais e a Biominas Brasil, vem se destacando no cenário nacional de promoção e desenvolvimento de novas tecnologias para a produção mais sustentável de biodiesel e políticas de reciclagem de óleos e gorduras residuais. Baseada em modernos reatores ultrassônicos e catalisadores sólidos nanomodificados com ênfase em um processo de elevada sustentabilidade técnico-econômico-ambiental. A BChem apresenta-se como uma empresa pioneira na oferta de tecnologias inovadoras que transformam óleos de baixa qualidade, por exemplo fritura, em biodiesel. O resultado obtido nos 10 anos de pesquisa foi o desenvolvimento e certificação de tecnologia que permite o “scale up” da produção de biodiesel usando matérias-primas de baixa qualidade e de forma acessível ao pequeno empresário. A BChem traz grandes inovações desenvolvidas ao longo de 4 anos de pesquisa na UFMG tanto na tese de doutorado do Prof. Alex Brasil (concepção de reatores ultrassônicos para produção de biodiesel), quanto nos trabalhos de mestrado e doutorado orientados pelo Prof. Rochel Lago (criação de novos catalisadores heterogêneos nanomodificados). A BChem foi vencedora do Programa Mining Lab da Votorantim Metais, resultando na assinatura de um termo de parceria para desenvolvimento e implementação do projeto denominado: “Otimização do processo de produção de biodiesel de OGR’S através de rota inovadora utilizando irradiação ultrassônica para uso em motores de veículos da frota de mineração”. O projeto prevê o desenvolvimento e implementação de um projeto de conscientização ambiental, coleta e beneficiamento de óleos e gorduras residuais com o propósito de produção de biodiesel. Com a implantação prevista nos municípios do entorno das Minas de Vazante e Morro Agudo, o projeto tem um potencial para produção de 200 mil litros de biodiesel mensais que serão utilizados no abastecimento da frota da Votorantim Metais em substituição parcial dos atuais 6 milhões de litros de diesel mineral, consumidos atualmente no transporte.



**Palavras-chave:** Biodiesel. Óleos residuais. Ultrassom. Votorantim. MiningLab.

1. Engenheiro/professor, Dr., Universidade de Itaúna, brasil@uit.br.
2. Engenheiro/MBA, Esp., Universidade de Itaúna/Fundação Dom Cabral, f.costa@bchem.com.br.
3. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, santana@bchem.com.br.
4. Administradora/MBA, Esp., UNA/Fundação Dom Cabral, raquelvaladares@bchem.com.br.
5. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, geraldUCAjuru@hotmail.com.
6. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, leandrosavio\_rocha@hotmail.com.
7. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, guialvesf@hotmail.com.
8. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, alanhpmalta@hotmail.com.
9. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, matheuscamargos1@hotmail.com.
10. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, mario-s10@hotmail.com.
11. Estudante de Engenharia, aluno, Universidade de Itaúna, alissonrodrigues.morais@gmail.com.

## 1. Introdução

O conceito técnico de utilizar óleos vegetais e gorduras animais, ou mesmo, óleos oriundos do processo de cocção de alimentos como combustíveis de natureza renovável é realmente extraordinário. Muitos estabelecimentos comerciais e residências descartam o óleo utilizado na rede de esgoto causando problemas ambientais, além de gerar graves problemas de higiene e mau cheiro.

O biodiesel vem com a proposta de dar outro fim para estes óleos, além de não tóxico e biodegradável, é hoje a forma em que os óleos e gorduras são utilizados como combustível substituto do diesel mineral, podendo ser usado puro ou em qualquer proporção de mistura com o diesel derivado do petróleo, com pequena ou nenhuma necessidade de adaptação do motor. É uma fonte de energia renovável que vem se destacando. O mercado brasileiro carece de tecnologias para a produção do biodiesel em pequena escala, acessíveis e seguras, para suas demandas energéticas com fontes limpas.

A maioria dos métodos atuais de produção de biodiesel oferece soluções em processamento de óleos vegetais para produção de biodiesel em grandes escalas, elevando assim o custo de processamento, fornecendo equipamentos com valores inacessíveis para os pequenos produtores. Estes também empregam a tecnologia de reatores por batelada (agitação mecânica), a qual apresenta capacidade limitada, devido a uma série de razões, principalmente em virtude da imiscibilidade dos reagentes do processo.

A BChem Biocombustíveis, com mais de 10 anos de pesquisa nesta área, possui um histórico de comercialização de usinas próprias para produção e consumo locais de biodiesel, além da prestação de serviço e fornecimento de biocombustível, como ocorreu com a Minerita Minérios, FIAT Automóveis (Unidade de Betim) e com o Supermercado Verdemar. A startup foi vencedora do Programa Mining Lab da Votorantim Metais o que resultou numa parceria para a implementação do projeto “Otimização do processo de produção de biodiesel de OGR’S através de rota inovadora utilizando irradiação ultrassônica para uso em motores de veículos da frota de mineração”. Este projeto que prevê o desenvolvimento e implementação de um projeto de conscientização ambiental, coleta e beneficiamento de óleos e gorduras residuais com o propósito de produção de biodiesel. Com a implantação prevista nos municípios do entorno das Minas de Vazante e Morro Agudo, o projeto tem um potencial para produção de 200 mil litros de biodiesel mensais que serão utilizados no abastecimento da



**SICT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

frota da Votorantim Metais em substituição parcial dos atuais 6 milhões de litros de diesel mineral, consumidos atualmente no transporte.

## 2. Metodologia

O projeto tem como objetivo a implementação do projeto “Óleo Vivo”: programa de conscientização, coleta e beneficiamento de óleo residual (óleo de cozinha) para produção de biodiesel, o que margeia os campos tecnológico, social e ambiental. Tecnológico pela pesquisa em biocombustíveis, ambiental pelo não descarte do óleo residual de forma inadequada e social pela conscientização da comunidade quanto ao descarte, recolhimento e uso adequado do óleo residual, com conseqüente geração de empregos e renda.

A BChem tem como compromisso a responsabilidade de implementação do programa “Óleo Vivo” nos municípios do entorno das Minas de Vazante e Morro Agudo, produção de biodiesel com auxílio de uma usina móvel e fornecimento do respectivo combustível para abastecimento de frota interna da Votorantim Metais. A FIGURA 1 ilustra a usina móvel que auxiliará a produção, Usina Móvel - unidade II.



FIGURA 1 - Usina Móvel de Biodiesel.

O projeto consiste no fornecimento do biodiesel produzido para a empresa Votorantim a um custo inferior ao diesel mineral. Além disso, programas sociais para a comunidade local serão implantados, onde a BChem será encarregada de executar essas atividades.

Nos cinco primeiros meses de projeto o recurso financeiro investido pelo cliente será destinado para manutenção, adaptação e instalação da Usina Móvel no local adequado,



aquisição dos materiais de escritório, desenvolvimento do programa de conscientização, coleta e beneficiamento de óleos e gorduras residuais (Óleo Vivo), prospecção de pontos de coleta e recolhimento do resíduo. O início da produção de biodiesel acontecerá no mês 5, de modo que no decorrer dos meses a produção de biodiesel aumentará gradativamente até atingir a capacidade máxima da Usina Móvel (40.000 mensais) a partir do mês 17.

No 13º mês inicia-se a expansão do programa “Óleo Vivo” nos municípios do entorno das Minas de Vazante e Morro Agudo de forma a viabilizar o potencial de produção de 200.000 litros de biodiesel por mês. A partir do 18º mês, considerando a expansão do programa para os municípios do entorno e conseqüente aumento da disponibilidade de matéria-prima, uma nova usina será implantada com capacidade produtiva de 300 mil litros de biodiesel mensais.

A produção do biodiesel pode ser generalizada em 3 etapas sequenciais principais: pré-tratamento, reação e purificação (Rincón et al., 2014).

O pré-tratamento consiste na retirada de elementos indesejados da matéria-prima lipídica, os quais podem interferir nas reações de transformação. Partículas em suspensão, pigmentos, resíduos da extração e outras impurezas podem ser retirados por meio de filtração. Quando o conteúdo de água (>0,06%) e o teor de ácidos graxos livres (AGL) (>4%) forem elevados, uma reação de saponificação pode ser induzida, formando uma emulsão (sabão) ao invés de biodiesel (Rincón et al., 2014). De forma a evitar este inconveniente, torna-se necessário secar a matéria-prima anteriormente, procedendo em seguida, a eliminação dos AGL, por meio de neutralização ou pré-esterificação dos ácidos graxos livres. A esterificação como método de pré-tratamento pode ser combinada com a transesterificação para se obter uma conversão praticamente completa em biodiesel (Drapcho et al., 2008). Na reação de transesterificação requer a presença de um catalisador, o qual pode ser uma base, um ácido ou uma enzima, de forma que esta ocorra a uma velocidade aceitável, embora possa ser conduzida em processos não catalíticos, mas em condições supercríticas (Veljkovic et al., 2012). Atualmente, a maior parte da produção comercial de biodiesel em todo o mundo utiliza catalisadores homogêneos básicos ou ácidos (Islam et al., 2014).

Na etapa de separação e purificação, a mistura reacional obtida após o processo de transesterificação e, conforme mencionado anteriormente, contém uma mistura de ésteres alquílicos, glicerol, álcool não convertido, catalisador e mono-, di-, e triglicerídeos. Esta mistura deve ser purificada a fim de se obter um biodiesel de alta qualidade e, em conformidade com as normas: europeia (EN 14214), ou americana (ASTM D6751), ou a resolução brasileira (ANP nº 14). Por esta razão, as etapas de separação e purificação são de extrema importância para a qualidade do produto final, afetando, conseqüentemente, os custos operacionais (Rincón et al., 2014).

A utilização de ondas ultrassônicas no processo de obtenção de ésteres apresenta uma série de vantagens em relação aos métodos mecânicos convencionais, além de ser mais simples.

O ultrassom é definido como o som de uma frequência além da perceptível pelos ouvidos humanos. O alcance normal perceptível está entre 16 Hz e 18 KHz e o ultrassom opera geralmente entre 20 KHz e acima de 100 MHz. Como qualquer onda sonora, o ultrassom alternativamente comprime e alonga o espaço molecular do meio por onde passa, causando uma série de compressões e ciclos de redução (Amish P. Vyas, jaswant L. Verma, N. Subrahmanyam, 2009).



**SICT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

Para que as reações aconteçam, é necessário que haja a mistura entre os líquidos envolvidos no processo, que geralmente apresentam alta imiscibilidade. Com o intuito de forçar a mistura destes líquidos, aplica-se um alto gradiente de pressão negativa no líquido fazendo com que a distância entre as moléculas exceda a distância molecular crítica necessária para manter o líquido intacto. Isso faz com que o mesmo se desmembre e vazios sejam produzidos, formando bolhas de cavitação. À altas intensidades ultrassônicas, pequenas cavidades podem crescer rapidamente. Como resultado, algumas bolhas expandem subitamente à tamanhos instáveis e colapsam violentamente, rompendo as ligações e causando emulsificação (mistura de líquidos imiscíveis). Assim sendo, as ondas ultrassônicas fornecem a energia mecânica necessária para que a mistura aconteça e consequente energia de ativação da reação de transesterificação. Esse método apresenta vantagens como melhores taxas e menor tempo de reação, menor consumo de energia e simplicidade.

### 3. Resultados e Discussão

Como resultado nesses 10 anos de pesquisa em desenvolvimento de novas tecnologias para a produção mais sustentável de biodiesel, a BChem Biocombustíveis já tem projetos consolidados. Entre eles o projeto com a rede de supermercados Verdemar e o projeto com a FIAT Automóveis.

Para projeto Verde Mar, rede que possui sete unidades que geram em média 10.000 litros de óleo de fritura por mês, os quais não possuía destinação adequada, foi desenvolvida uma Usina de Biodiesel Modular com capacidade instalada de 12.000 litros mensais. Esta usina transformará o resíduo de óleo de fritura em biodiesel dentro das instalações do supermercado, localizado em Nova Lima no bairro Jardim Canadá. Todos os dias da semana, durante três horas (horário de pico), a energia da concessionária (CEMIG) é desligada e toda a energia elétrica consumida no supermercado é produzida por um gerador elétrico movido à diesel de petróleo. Este será substituído por 100% biodiesel de óleo residual, trazendo diversos benefícios ambientais e financeiros, tais como: destinação correta do óleo de fritura, todo este resíduo será transformado em combustível renovável (biodiesel) que quando utilizado no gerador de energia, reduz em torno de 80% a emissão de gases de efeito estufa, quando comparado com o diesel mineral; a substituição do Diesel mineral por 100% biodiesel no gerador de energia elétrica, acarreta em uma economia de aproximadamente 70% com os custos de combustível.

O projeto FIAT Automóveis tem como matéria prima o óleo residual dos restaurantes internos do Grupo FIAT, que geram em torno de 3.000 litros mensais de óleos e gorduras residuais (OGR's), que eram destinados a uma empresa de coleta de resíduos orgânicos. O projeto foi desenvolvido pelo Prof. Alex Brasil e o biodiesel produzido abastecerá a frota interna da Fiat Automóveis em uma proporção de 20% em relação ao diesel mineral. A FIGURA 2 apresenta foto da Usina Modular de Biodiesel (FIAT) durante testes de "Try-out".



FIGURA 2: Usina Modular de Biodiesel (FIAT) durante testes de “Try-out”.

O projeto Votorantim está atualmente na primeira fase, como mencionado anteriormente, parte do projeto destinada para manutenção, adaptação e instalação da Usina Móvel no local adequado, aquisição dos materiais de escritório, desenvolvimento do programa de conscientização, coleta e beneficiamento de óleos e gorduras residuais (Óleo Vivo), prospecção de pontos de coleta e recolhimento do resíduo.

Importante ressaltar que todo biodiesel produzido segue todos os parâmetros exigidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A TABELA 1 abaixo apresenta resultados do biodiesel produzido pela usina Usina Modular de Biodiesel (FIAT), amostra analisada em um laboratório acreditado pela ANP.

TABELA 1: Resultados obtidos na análise da amostra do biodiesel segundo a resolução ANP nº 45.



Parâmetros	Limite	Resultado	Und.	Método
Teor de éster (min.)	96,5	98,6	%(m/m)	EN 14103
Glicerina livre (máx.)	0,02	<0,01	%(m/m)	NBR 15908
Monoglicerídeos	0,70	0,56	%(m/m)	NBR 15908
Diglicerídeos	0,20	0,07	%(m/m)	NBR 15908
Triglicerídeos	0,20	0,02	%(m/m)	NBR 15908
Glicerina total	0,25	0,16	%(m/m)	NBR 15908

#### 4. Conclusão

Conforme apresentado anteriormente, a produção de biodiesel atingirá a capacidade máxima da Usina Móvel (40.000 litros mensais) a partir do 17º mês após o início do projeto. O início da expansão do programa “Óleo Vivo” nos municípios do entorno da Mina de Vazante ocorrerá no mês 13, momento em que a produção de biodiesel atingirá 20.000 litros mensais.

Em paralelo à expansão do programa acima mencionado e consequente validação do projeto com a Votorantim, serão iniciados o projeto e construção de uma Usina Modular de Produção de Biodiesel com capacidade de 300 mil litros mensais. Importante enfatizar, que com a possibilidade de aumento do volume de óleo coletado a partir do mês 13, a produção de biodiesel poderá ser ampliada com a operação da Usina Móvel em mais de um turno, o que acarretará uma capacidade produtiva de 40.000 litros de biodiesel por mês.

A Votorantim tem a sustentabilidade como estratégia e, atualmente, busca substituir e/ou otimizar matrizes energéticas tradicionais do setor de mineração e metalurgia (combustíveis fósseis, por exemplo), por alternativas mais econômicas, mais eficientes e que apresentem ganhos ambientais. Ao final dos 18 meses de implementação do projeto, a BChem entregará solução econômica e ambientalmente correta para o consumo de quantidades expressivas de diesel fóssil.

#### 5. Agradecimentos

Agradecemos ao PAFAP UI - Programa de Apoio, Fomento e Acompanhamento de Pesquisa da Universidade de Itaúna e a FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

#### 6. Referências

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 45, de 25/08/2014.

BORGES, M. E.; DÍAZ, L. Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, 2012, p. 2839-2849.

Brasil, A. N.; Oliveira, G. C. S.; SANTANA, L. F. S.; LARA, G. M. C.; BORGES, S. C. S. Projeto FIAT – miniusina automática para produção de biodiesel a partir de óleos residuais por irradiação ultrassônica. 6º



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

*Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 9º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel*, Natal, Brasil, 2016, 2 p.

Brasil, A. N.; Oliveira, L. S.; França, A. S. Circulation flow reactor with ultrasound irradiation for the transesterification of vegetable oils. *Renewable Energy*, v. 83, p. 1059-1065, 2015.

Brasil, A. N.; Brasil, A. N.; Oliveira, G. C. S.; Oliveira, M. M.; Santana, L. F. S. Bchem - Novas tecnologias para a produção mais eficiente de biodiesel. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016, *Foz do Iguaçu - PR, Brasil, 2016*.

Brasil, A. N.; Oliveira, G. C. S.; Santana, L. F. S.; Santos, J. R.; Silva, L. A.; Óleo vivo - desenvolvimento de processo para produção de biodiesel a partir de óleo de fritura. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2017, *Belém - PA, Brasil, 2017*

DALAI, A. K.; ISSARIYAKUL, T.; BAROI, C. *Catalysis for Alternative Energy Generation. Chapter 6: Biodiesel production using homogeneous and heterogeneous catalysts: A review*. Springer, ISBN 978-1-4614-0343-2, 2012, p. 237-262.

DEMIRBAS, A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, vol. 50, 2009, p. 14-34.

ISSARIYAKUL, T.; DALAI, A.K. Biodiesel from vegetable oils. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, 2014, p. 446-471.

KEERA, S. T.; EL SABAGH, S. M.; TAMAN, A. R. Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst. *Fuel*, vol. 90, 2011, p. 42-47.

MEHER, L. C.; VIDYA SAGAR D.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification - a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10, 2006, p. 248-268.

MOSER, B. R. Biodiesel production, properties, and feedstocks. *In vitro cellular & developmental biology - Plant*, vol. 45, 2009.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, vol. 3, 2011, p. 385-405.

SHAHID, E. M.; JAMAL, Y. Production of biodiesel: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, 2011, p. 4732-4745.

VALLE, P. W. P. A. *Produção de biodiesel via transesterificação do óleo de nabo forrageiro*.

Tese de doutorado, Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009, 183 p.

YUSUF, N. N. A. N.; KAMARUDIN, S. K.; YAAKUB, Z. Overview on the current trends in biodiesel production. *Energy Conversion and Management*, vol. 52, 2011, p. 2741-2751.





## Técnica MITM para análise de segurança em redes públicas

Isadora de Oliveira<sup>1</sup>

Dalmy Freitas de Carvalho Júnior<sup>2</sup>

**Resumo:** Sabe-se da importância de uma rede de comunicação segura, na qual as pessoas tenham privacidade em seus dados. O objetivo deste trabalho é usar um método de ataque, analisar o nível de segurança e conscientizar as pessoas o quão vulnerável seus dados podem ficar ao conectar-se em uma rede pública. Visando verificar isto, realizou-se o MITM (*man in the middle*) uma técnica na qual o invasor conecta-se a uma rede de computadores e passa a interceptar todos os tipos de dados sem que os demais usuários saibam. Foi usado o SSLSTRIP para interceptar o tráfego dos alvos usando MITM, assim o invasor engana o alvo passando-se pelo servidor e engana o servidor, passando-se pelo cliente. A partir do momento que os dados foram interceptados, utilizou-se o Ettercap para capturá-los. Os experimentos mostram que, em uma rede com 6 pessoas conectadas foram capturados mais de 546 KB de informações em 15 minutos. Os resultados computados mostram como é grande a quantidade de dados em um curto período de tempo. As pessoas já tendo conhecimento, de que é possível capturar os seus dados, o próximo passo é informar como proceder para protegê-los de forma que todos possam ter uma conexão segura.

**Palavras-chave:** MITM, segurança, redes públicas, vulnerabilidade, captura de dados.

<sup>1</sup> Ciência da Computação, Universidade de Itaúna, contato@isadoraoliveira.com.

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade de Itaúna, dalmyjr@gmail.com.

### 1. Introdução

Os testes de invasão consistem em procedimentos e processos usados pelos pentesters que estão empenhados em melhorar a segurança do seu sistema ou da rede de computadores. Normalmente os usuários da rede-alvo não sabem quando um teste está sendo conduzido.

Uma das técnicas de ataque na rede de computadores mais prevalentes usados contra pessoas e grandes organizações é a técnica homem-em-meio (MITM), funciona quando o invasor consegue acessar a rede e passa a estabelecer uma conexão com a vítima.

Nesse caso a vítima acredita que está tendo comunicação direta com o seu servidor da rede (*gateway*) como é feito frequentemente, quando na realidade todo o tráfego da rede flui pelo host do invasor, onde está sendo executado o teste.

O resultado final é que o host do invasor não apenas pode interceptar dados confidenciais, mas também pode injetar e manipular um fluxo de dados para poder ter mais controle sobre a vítima.

O objetivo é usar a técnica apenas para interceptar dados e alertar as pessoas sobre os tipos de riscos que eles podem correr quando se estão conectados em uma rede de computadores, principalmente se for uma rede pública onde não sabemos quem são os hosts que fazem parte da rede e a intenção dos mesmos.

Para realizar o ataque foi usado o Kali Linux versão 2.0. Ele é um sistema operacional Linux baseado no Debian e contém mais de 300 ferramentas nativas para testes de invasão e é muito usado por hackers, pentesters, analistas e profissionais de segurança.

## 2. Metodologia

Primeiramente vamos compreender como funciona a comunicação ARP e o envenenamento do cache desta tabela conhecido como *ARP Poison Routing*, permite que o invasor intercepte todo o tráfego da rede onde está a vítima.

O protocolo ARP (*Address Resolution Protocol*) foi projetado por necessidade para facilitar a tradução de endereços entre a segunda e terceira camadas do modelo OSI. A segunda camada ou a camada de ligação de dados, usa endereços físicos MAC para que os dispositivos de hardware possam se comunicar diretamente em uma pequena escala. A terceira camada ou camada de rede, usa endereços lógicos IP para criar grandes redes escaláveis que podem se comunicar em todo o mundo. A partir do momento que a tabela ARP tem o endereço MAC associado ao IP do host, um host na rede pode facilmente encontrar o outro e passar a estabelecer uma comunicação. Na figura abaixo é mostrado o fluxo de informações de uma comunicação normal na rede. O computador requisita uma informação, essa solicitação chega ao roteador (*gateway*) e em seguida o roteador responde a solicitação enviando a informação para o computador.

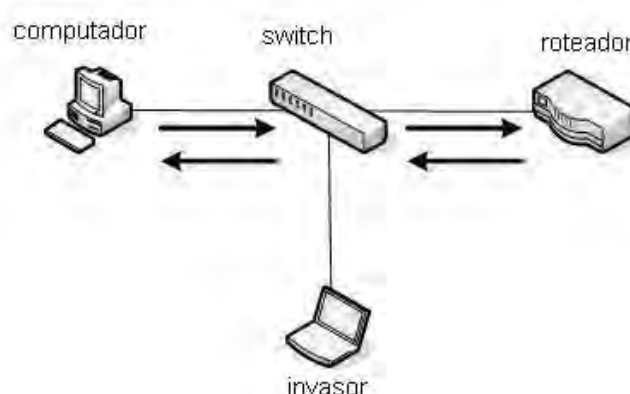


FIGURA 1 - Comunicação normal em uma rede de computadores.



Já na figura abaixo mostra o fluxo de informações depois do envenenamento do cache ARP, tirando proveito da insegurança do protocolo ARP. Desta forma qualquer host na rede pode enviar um pacote de resposta ARP para outro host e forçar esse host a atualizar o cache ARP com o novo valor. Assim da próxima vez que o host da vítima for se comunicar na rede, as informações passarão primeiro pelo host do invasor que estará interceptando os dados.

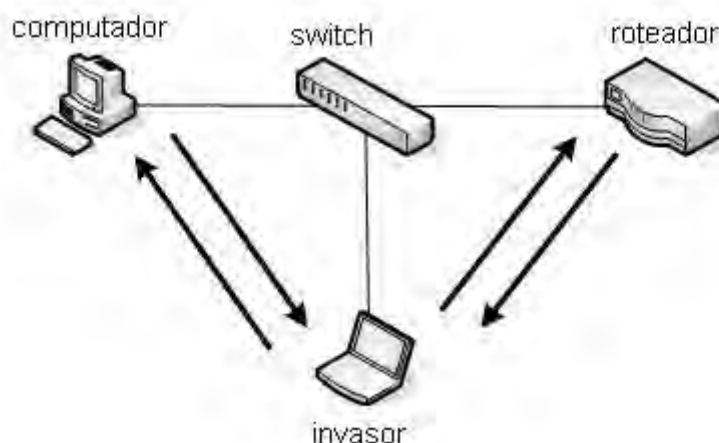


FIGURA 2 - Interceptando a comunicação com o envenenamento da tabela ARP.

Agora que já compreendemos como funciona o processo de interceptação de dados, vamos mostrar como utilizar as ferramentas para fazer a captura.

Para realizar o ataque foi utilizado um roteador configurado sem senha, para que qualquer tipo de pessoa pudesse se conectar à rede pública. O sistema operacional usado foi Kali Linux versão 2.0, que contém as ferramentas que serão utilizadas para os testes.

Primeiro é necessário habilitar o modo promíscuo, para que o computador invasor passe a ser o servidor da rede (gateway). Após habilitar o encaminhamento de pacotes, é criada uma regra para que todo o tráfego com destino a porta 80 seja redirecionada para uma nova escuta e depois é usado a ferramenta SSLStrip para que faça a escuta nesta nova porta.

```
root@kali:~# echo 1 proc/sys/net/ipv4/ip_forward
1 proc/sys/net/ipv4/ip_forward
root@kali:~# iptables -t nat -A PREROUTING -p tcp --destination-port 80 -j REDIRECT --to-port 10000
root@kali:~# sslstrip -l 10000
sslstrip 0.9 by Moxie Marlinspike running...
```

FIGURA 3 - Ativando modo promíscuo e iniciando a ferramenta SSLStrip.

Em seguida é utilizado o Ettercap uma ferramenta utilizada para capturar todas as informações na rede em texto puro. O Ettercap vai interceptar o tráfego da rede pública, primeiramente é preciso envenenar o cache do ARP como mostra a figura abaixo:

```
root@kali:~# ettercap -T -q -i wlan0 -M arp:remote /192.168.0.1/ /192.168.0.12/
ettercap 0.8.0 copyright 2001-2013 Ettercap Development Team

Listening on:
wlan0 -> 00:00:00:00:00:01
        192.168.0.20/255.255.255.0
        fe80::200:ff:fe00:1/64

SSL dissection needs a valid 'redir_command_on' script in the etter.conf file
Privileges dropped to UID 65534 GID 65534...

 33 plugins
 42 protocol dissectors
 57 ports monitored
16074 mac vendor fingerprint
1766 tcp OS fingerprint
2182 known services

Scanning for merged targets (2 hosts)...

* |======>| 100.00 %
```

FIGURA 4 - Usando Ettercap para envenenar o cache do ARP.

Agora já é possível realizar a coleta de todos os dados.

```
HTTP : 31.13.73.1:80 -> USER: PASS: 666600ha INFO:
http://m.facebook.com/?refsrc=https://www.facebook.com/&_rdr
CONTENT: tsd=AVo8vPyZ&charset_test=%E2%82%AC%2C%2%B4%2C%E2%82%AC%2C%2%B4%2C%E6
%B0%B4%2C%D0%94%2C%D0%84&version=1&ajax=0&width=0&pxr=0&qps=0&dimensions=0&m_ts=
1427552574&li=PrkWVZwdq7qhBEIQLF19i0Zz&email=com&pass=6
66600ha
```

FIGURA 5 - Capturando os dados com a ferramenta Ettercap.

### 3. Resultados

Com base nos resultados computados, foi elaborado um gráfico que apresenta a quantidade de pessoas que estavam conectadas em um rede pública e a quantidade de dados em KB que foram coletados em um tempo de 15 minutos.

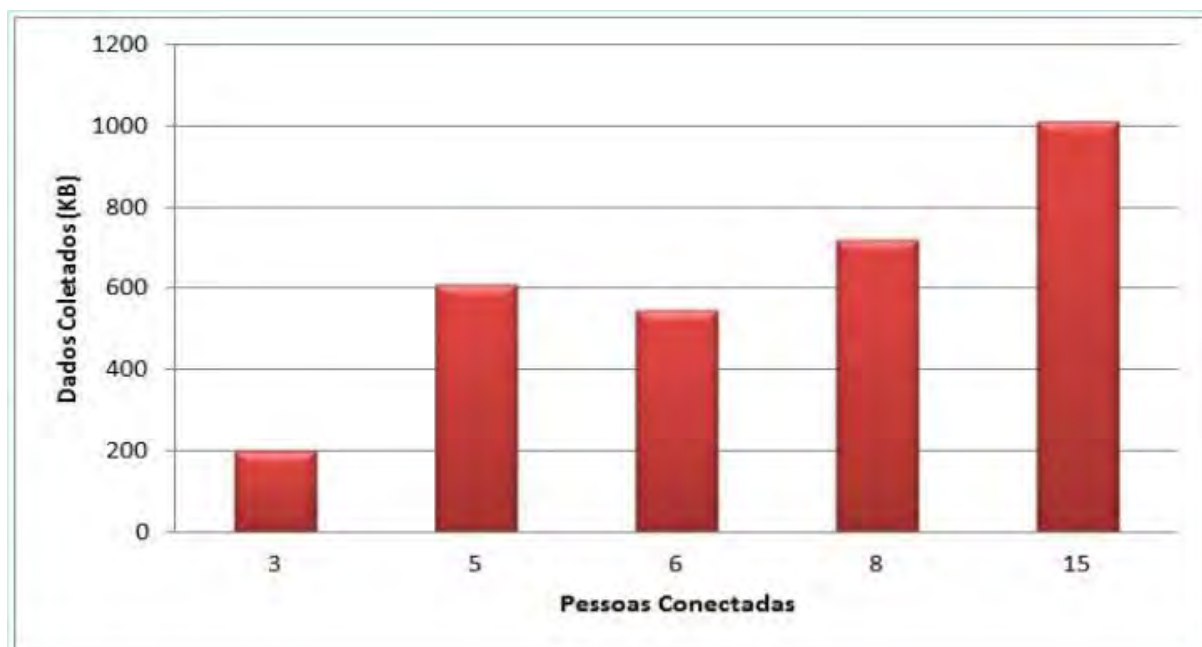


TABELA 1 - Gráfico resultante do número de pessoas conectadas e dados coletados.

#### 4. Discussão

Quando o assunto é utilizar a internet, nem sempre as pessoas se preocupam com segurança. Esse trabalho levanta o questionamento e mostra para as pessoas o quão vulneráveis elas podem estar ao se conectar em uma rede pública. Mesmo que a pessoa pense que só está conectado para enviar/receber uma simples mensagem, a quantidade de informação que precisa ser enviada e validada é grande. Além disso, ao estabelecer uma conexão com um servidor o host da pessoa precisa estar aberto a comunicação e temos um grande risco de um outro host na rede poder agir de forma maliciosa e capturar informações para usufruir da forma que quiser. Atualmente existem casos em que invasores criptografam os dados roubados e pedem dinheiro para devolvê-los. Se as pessoas tiverem mais consciência sobre os riscos de se conectarem a um rede pública, elas estarão mais preparadas para se prevenirem e protegerem de uma ameaça futura.

#### 5. Conclusão

Os resultados computados mostram como é grande a quantidade de dados que são acessados em um curto período de tempo, e como as pessoas que tem a necessidade de se manterem *on-line* acabam conectando em uma rede pública sem saber que seus dados podem estar sendo capturados. As pessoas já tendo o conhecimento, de que é possível capturar os seus dados em uma rede, o próximo passo é informar como proceder para poder estar protegendo esses dados de forma que todos possam ter uma conexão segura na rede.

## Referências

MUNIZ, J.; LAKHANI, A.; *Web Penetration Testing with Kali Linux*. 1ª Edição Livery Lugar 35 Brimingham, Reino Unido. Packt Publishing Ltd, 2013.

ENGBRETSON, P.; *Introdução ao Hacking e aos Testes de Invasão: Facilitando o hacking ético e os testes de invasão*. 1ª Edição São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2014.

BROAD, J.; BINDNER, A.; *Hacking com Kali Linux: Técnicas práticas para teste de invasão*. 1ª Edição São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2014.

TANENBAUM, A.S.; WETHERALL, D.; *Rede de Computadores*. 5ª Edição São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.



## O observatório astronômico como espaço não formal de educação: apoio ao ensino de ciências

Osmando Barbosa da Silva Ribeiro<sup>1</sup>

Priscila da Silveira Chaves<sup>2</sup>

José Afonso Lelis Junior<sup>3</sup>

Héilton Gilmar Coutinho Júnior<sup>4</sup>

Paulo Alfredo Gonçalves Penido<sup>5</sup>

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>6</sup>

**Resumo:** O ensino de Astronomia é recomendado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais e pelo Currículo Básico Comum de Minas Gerais para todas as etapas da Educação Básica. A Astronomia é um tema que desperta grande interesse das pessoas em geral e tem um grande potencial para motivar os estudantes no processo educativo. No entanto, é muito pouco explorada no ensino. Uma das razões para isso é que os professores se sentem despreparados para trabalhar com a Astronomia. No Brasil existe uma carência de espaços não formais de educação para apoiar o ensino de ciências, como museus, planetários e observatórios. As ações desenvolvidas no Observatório Astronômico da Universidade de Itaúna contribuem para suprir parte dessa carência na região. Entre os resultados obtidos podemos destacar uma aproximação da universidade com a comunidade escolar e com a comunidade em geral, a inserção da Astronomia na formação de estudantes de licenciatura, o envolvimento de estudantes em atividades de extensão, o estabelecimento de um espaço onde interessados em astronomia e assuntos afins podem buscar conhecimento e trocar experiências.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia. Educação não formal. Observatório astronômico.

1. Mestre em Física, Professor na Universidade de Itaúna e na UEMG, osmando2@yahoo.com.br
2. Licenciada em Pedagogia, Universidade de Itaúna, priscilachaves\_95@hotmail.com
3. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, joselelisjr@hotmail.com
4. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, helitongej@hotmail.com
5. Bacharêu em Física e Especialista em Psicopedagogia, Professor na Universidade de Itaúna, paulopenido@gmail.com
6. Engenheiro Mecânico e Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Professor na Universidade de Itaúna, labmetal@uit.br

### 1. Introdução

Os Parâmetros Curriculares Nacionais, juntamente com o Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil são os documentos oficiais que dão as diretrizes para a educação básica no Brasil, ambos derivados da Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional, lei 9.394 de 1996. De acordo com esses documentos, a Astronomia deveria aparecer já na Educação Infantil, dentro das temáticas Natureza e Sociedade e Matemática. Nos primeiros anos do ensino fundamental é colocada como tema transversal, ou seja, não



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

pertence a uma disciplina específica, mas se relaciona com várias áreas do conhecimento. Nos anos finais do ensino fundamental aparece dentro de Matemática, Ciências Naturais, Geografia e História. No ensino médio a Astronomia é contemplada nas disciplinas Biologia, Física e Química. No Currículo Básico Comum do estado de Minas Gerais a Astronomia aparece dentro de Ciências no ensino fundamental e dentro de Física no ensino médio (Linhares, 2011). Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais recomendam que os professores realizem atividades fora da escola com os alunos, como visitas a museus, observatórios e planetários (Brasil, 1999).

A Astronomia desperta grande interesse das pessoas em geral e tem um grande potencial para motivar os estudantes no processo educativo. No entanto, é muito pouco explorada no ensino. Uma das razões para isso é que os professores que atuam na Educação Básica se sentem despreparados para trabalhar com a Astronomia e muitas vezes não conseguem cumprir o que foi proposto nos currículos. São poucos os cursos de formação inicial de professores que contemplam a Astronomia como disciplina no Brasil (BRETONES, 1999).

Uma pesquisa realizada junto a professores de física em serviço na região de Itaúna constatou que os docentes se encontram distantes da academia e da pesquisa científica e que não há nenhum centro de apoio que atenda as necessidades dos professores. Contudo, apesar das adversidades encontradas em seu trabalho, a maioria dos professores mostrou muita disposição para buscar aperfeiçoamento e tentar melhorar a sua prática. Quando foram indagados sobre o tipo de apoio que gostariam de receber de universidades, os professores mencionaram palestras, cursos, capacitação para aulas práticas, visitas das escolas à universidade e eventos para os estudantes (RIBEIRO, 2007).

No Brasil existe uma carência de espaços não formais de educação para apoiar o ensino de ciências, como museus, planetários e observatórios (MARQUES, 2014). Segundo Langhi e Scalvi (2013) os observatórios astronômicos têm um grande potencial para contribuir com o ensino de ciências e para a formação dos professores, além de complementar o ensino naquilo que falta às escolas. Ainda segundo os mesmos autores, para que o trabalho seja efetivo, é preciso levar em consideração os resultados de pesquisa na área do ensino de Astronomia.

## 2. Educação não formal

Não existe um consenso entre especialistas com relação às definições exatas de educação formal, educação não formal e educação informal. Segundo Langhi e Nardi (2009) “A *educação formal* ocorre em ambiente escolar ou outros estabelecimentos de ensino, com estrutura própria e planejamento, cujo conhecimento é sistematizado a fim de ser didaticamente trabalhado” (LANGHI e NARDI, 2009, p. 2)

Marques e Freitas (2015) definem educação não formal “de maneira ampla, como um tipo de educação organizada e sistemática, mas flexível em termos de duração e dos espaços em que pode ocorrer (museus, centros de ciência, zoológicos, ONGs, espaços públicos da cidade, associações, etc.) (...) neste tipo de educação o aprendiz tem muito mais autonomia e liberdade para construir o seu “percurso” de aprendizagem conforme suas motivações (...) Não é, normalmente, avaliada nem leva a certificados de aprendizagem” (MARQUES e FREITAS, 2015, p. 3).



A educação informal se caracteriza como atividades do dia a dia, sem ligação com instituições, interações que acontecem sem planejamento, sem orientação e organização profissional. É realizada por leigos, em momentos de lazer, como por exemplo uma observação do céu com amigos realizada com um telescópio particular.

Nos espaços não formais, embora sejam espaços privilegiados para a educação não formal, pode acontecer a educação formal, uma vez que se pode ter por exemplo cursos de formação continuada de professores, ou visitas de escolas que cumprem um papel de complemento com relação a um conteúdo curricular. A visita pode fazer parte de um projeto desenvolvido na escola e dessa forma, o espaço funciona como um laboratório da escola. Nesses espaços pode acontecer ainda a educação informal, na medida em que existe troca de informações entre os participantes de maneira espontânea.

### **3. O Observatório Astronômico da Universidade de Itaúna**

Em 2004 um grupo de professores da FAEN, submeteu um projeto à FAPEMIG, dentro do edital “Popularização da Ciência e Tecnologia”, com o título “Observatório Astronômico na Universidade de Itaúna: ensino e divulgação de Astronomia e Ciências Afins”. A proposta enviada solicitou o financiamento para a instalação de um observatório astronômico de fabricação nacional, que teria fins educacionais. O projeto foi aprovado em dezembro de 2004 e a fabricação e instalação ficaram a cargo do Prof. Bernardo Riedel, um dos principais especialistas brasileiros na construção de telescópios. A fabricação dos equipamentos começou em julho de 2005 e a instalação da cúpula foi finalizada em setembro de 2006, quando o observatório começou a funcionar. Contudo, a instalação completa foi concluída em maio de 2007, quando a luneta buscadora foi instalada. O telescópio principal é um telescópio newtoniano com um espelho de 315 mm, protegido por uma cúpula de alumínio naval de 4 metros de diâmetro. A Universidade de Itaúna foi responsável pela parte de alvenaria da construção e por oferecer todas as condições para o projeto pudesse ser desenvolvido. O observatório foi instalado no alto de um dos prédios da Faculdade de Engenharia, onde existe também uma área externa que funciona como miradouro, de onde se pode observar quase todo o céu sem obstrução.

O Observatório Astronômico tem recebido visitas de escolas e realizado eventos abertos ao público regularmente desde a sua inauguração em 2007. A demanda das escolas e do público pelas visitas tem sido constante desde então. As principais atividades realizadas são: recebimento de turmas de escolas, recebimento de turmas da universidade, recebimento de grupos, noites de observação aberta ao público e eventos especiais.

Pode-se considerar que Observatório Astronômico da Universidade de Itaúna constitui um espaço não formal de educação, que tem como objetivo apoiar o ensino de Ciências dentro e fora da universidade. Nele acontece predominantemente a educação não formal, mas também acontece educação formal e educação informal.

Para que as ações do observatório pudessem se realizar foi organizado um grupo de voluntários, envolvendo professores e estudantes da universidade, entusiastas da astronomia e pessoas da comunidade. Esse grupo tem se renovado continuamente e é fundamental para que seja possível realizar as ações pretendidas.

#### 4. Resultados e discussão

As ações do Observatório Astronômico levaram a uma aproximação da universidade com a comunidade escolar e com a comunidade em geral. Com esse trabalho criou-se um espaço de encontro para astrônomos amadores, entusiastas por astronomia, professores, pesquisadores e interessados. Dessa forma, estabeleceu-se um espaço dedicado a apoiar o ensino de ciências dentro e fora da universidade, o que representa um compromisso da instituição com as escolas e com a comunidade. Nesse espaço, interessados em astronomia e assuntos afins podem buscar conhecimento e trocar experiências. O funcionamento do Observatório proporcionou também um espaço de encontro para pessoas de áreas distintas, já que desperta o interesse de profissionais, estudantes e professores de áreas tão diversas como direito, engenharia e medicina.

No ano de 2017 foi realizada uma pesquisa através de formulário Google com os visitantes em noites de observação e com os participantes de outros eventos, para podermos avaliar os resultados. As repostas mostram um grande entusiasmo com relação às atividades, e que, embora simples, as ações têm um impacto significativo sobre os participantes. Segundo uma professora do Ensino Médio que levou turmas de alunos ao observatório: “Os alunos ficaram encantados. Eles aprenderam muito e tenho certeza de que nunca esquecerão o que viram e aprenderam”.

Com respeito à visita ao observatório, uma estudante escreveu: “Foi uma das melhores experiências que já tive na vida. Principalmente, quando tive a oportunidade de ver Saturno e Júpiter. Aprendi a localizar algumas crateras na Lua, a melhor forma de ver uma Chuva de Meteoro, localizar estrelas e constelações, etc.”

Em 28 de agosto de 2017, comemorando 10 anos de atividades do Observatório, foi realizado o I Encontro de Astronomia de Itaúna. A ideia do encontro foi promover uma troca entre profissionais da área de Astronomia, professores, estudantes de física e outras licenciaturas e interessados. O encontro contou com uma presença muito significativa e foi um grande sucesso no sentido de promover o entusiasmo dos participantes pela Astronomia e pelos estudos.

Com relação ao I Encontro de Astronomia de Itaúna, um estudante de licenciatura e professor no Ensino Básico, escreveu: “Com a história do Bernardo Riedel e do Felipe Alves (palestrantes), fiquei mais motivado para a continuação dos estudos.” Segundo outro(a) estudante de licenciatura: “Participar desse tipo de evento é enriquecedor, além do habitual trouxe novas perspectivas da carreira científica. Esses eventos são muito importantes, tanto para a comunidade discente quanto para a comunidade. Participarei sempre que possível.”

Um dado significativo é que o Observatório recebe pessoas de toda a região. De acordo com os registros, menos da metade das pessoas que visitam ou participam de atividades no observatório vêm de Itaúna, o que mostra que existe um alcance regional. Em uma única noite de observação aberta ao público, com a presença de 154 visitantes, pelo livro de assinaturas constatamos que havia pessoas de 28 cidades diferentes.

#### 5. Considerações finais

As ações desenvolvidas levaram a um envolvimento de estudantes da Universidade e colaboradores da comunidade em atividades de extensão. As aulas e atividades realizadas



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

inseriram a Astronomia na formação de estudantes de licenciatura e vários cursos, ainda que de forma introdutória. Em especial, ajudou a suprir uma carência dos cursos de pedagogia e ciências biológicas, contribuindo dessa forma para a formação dos futuros professores do ensino básico.

Dentro das limitações de uma iniciativa pontual, a partir de uma instituição privada sem uma tradição prévia na área, os resultados são encorajadores e sugerem a possibilidade de se fazer um trabalho de maior porte. Ainda que a Universidade não ofereça um curso de física ou outros cursos ligados de forma direta à Astronomia, o projeto é sustentável, considerando que a instituição tem como retorno a visibilidade gerada junto às escolas e à comunidade.

Um aspecto interessante das visitas públicas é que há o resgate de um tipo de atividade simples: observar a natureza, conversar e aprender. Uma atividade ao ar livre, em contato com a natureza, que pode ser compartilhada com familiares ou amigos. O observatório vai ao encontro do desejo das pessoas de conhecer e contemplar o mistério e a beleza do cosmo. O espaço convida ao diálogo e as atividades proporcionam um momento de encontro. O conhecimento e motivação são atualizados e revigorados pelo diálogo com outras pessoas, em um ambiente que incentiva a busca do saber e a reflexão.

## Referências

- BRASIL.** Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- BRETONES, P. S. *Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil*. 187 f, 1999. Dissertação (Mestrado em Educação Aplicada às Geociências), Instituto de Geociências, UNICAMP, 1999.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino da astronomia no Brasil: Educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 31, n. 4, p. 4402-4411, 2009.
- LANGHI, R.; SCALVI, R.M.F. Aproximações entre as comunidades científica, amadora e escolar: estudando as potencialidades de observatórios astronômicos para a educação em astronomia. *Revista Instrumento de Estudos e Pesquisas em Educação*, vol.15, n.1, p.25-38, jan./jun. 2013.
- LINHARES, F. R. C. *O objetivo das visitas escolares a um observatório astronômico na visão dos professores*. 2011. 239p. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- MARQUES, J. B. V. Educação Não-Formal e Divulgação de Astronomia no Brasil: o que pensam os especialistas e o que diz a literatura. 2014, 326 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Universidade Federal de São Carlos, 2014.
- MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. . Educação não-formal e divulgação científica na área de Astronomia no Brasil: caracterizando uma comunidade de práticas. *Latin American Journal of Science Education*, v. 2, p. 1-15, 2015.
- RIBEIRO, O. B. S. *Formação de um núcleo regional a professores de física em serviço no ensino médio baseado na Universidade de Itaúna*. Dissertação. (Mestrado em Física). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007



## Aplicando interoperabilidade semântica em aplicações móveis

Alex Alves Silva<sup>1</sup>

Felipe Domingos da Cunha<sup>2</sup>

Marco Túlio A. N. Rodrigues<sup>3</sup>

**Abstract:** Due to the absence of an alternative system that allows for faster and convenient access to perform the registration function for the selection process, came the need to think of any viable application to integrate in this system. In this context, it presents an idea of developing and integrated mobile application through a Web Service. Address, in this labor, then interoperability between different systems and platforms, using the web as a network information transmission channel, in addition to using standards and practices, design, advanced.

**Resumo:** Com a ausência de um sistema alternativo que permite um acesso mais rápido e prático para realizar a função de inscrição para o processo seletivo, surge a necessidade de se pensar em alguma aplicação viável para integrar no sistema presente. Nesse contexto, apresenta-se a ideia de desenvolver uma aplicação móvel integrada por meio de um Web Service. Aborda-se, neste trabalho, a interoperabilidade entre diferentes sistemas e plataformas, utilizando a rede web como um canal de transmissão de informações, além de utilizar padrões e práticas, de projeto, avançadas.

**Palavras-chave:** Modelo. Formatação. SICIT.

<sup>1</sup> Ciência da Computação, Bacharelado, Universidade de Itaúna, alexalves2501@hotmail.com.

<sup>2</sup> Ciência da Computação, Doutorado, Universidade de Itaúna, felipe@uit.com.br.

<sup>3</sup> Ciência da Computação, Doutorado, Universidade de Itaúna, tulio.rodrigues@gmail.com.

### 1. Introdução

Utiliza-se muito a interoperabilidade entre sistemas, o qual nada mais é do que a comunicação entre softwares, independentemente da plataforma em que eles foram desenvolvidos, seja eles: Web, Desktop e/ou Móvel [DevMedia 2016]. Com isso, o desenvolvimento de algum sistema não limita-se a apenas uma plataforma.

Um mecanismo utilizado para realizar esse feito se dá pelo Web Service, o qual é uma solução para integrar diferentes aplicações e vem sendo muito utilizada na integração de ferramentas corporativas [DevMedia 2016]. Onde ele utiliza o próprio protocolo da web (Http (*Hypertext Transfer Protocol*)) com o formato difundido do XML (*eXtensible Markup Language*) como canal de comunicação para realizar troca de mensagens/informações, de acordo com [Caelum 2016].

Web Service é um software projetado para suportar interação máquina-a-máquina, interoperáveis sobre uma rede, utilizando uma interface de formato processável. Possui como

principal característica, a comunicação ser sempre realizada em rede e deve estar sempre disponível [Booth et al. 2004].

O conceito de Web Service ganhou força com relação a necessidade de fazer diferentes aplicações independentes trocando informações e, também, no conceito de reutilização de código, onde o componente que foi criado não se perdia com a atualização da tecnologia. Além disso, podemos também reutilizar processos, onde é feita alguma aplicação para alguma finalidade e disponibilizamos para outras aplicações o seu processo para ser utilizado [DevMedia 2016].

Essa ferramenta pode trazer agilidade para os processos e eficiência na comunicação, pois toda e qualquer comunicação entre os sistemas passa a ser dinâmica e segura, não tendo intervenção humana e não ocorrendo perdas de informações.

Diante do que foi relatado, a inovação e a tecnologia estão se expandindo em várias áreas, como o comércio, educação e política, o qual o seu investimento é fundamental para o crescimento e acessibilidade nas mesmas. Analisando esses aspectos, desenvolve-se necessidades de investimento em novas tecnologias, visando uma atração maior pelas pessoas, maximizando a sua procura e sua visibilidade.

Por meio deste cenário, visa-se trazer alternativas para facilitar e/ou abranger o acesso ao conteúdo apresentado pela instituição e a sua procura, tendo como principal motivo o melhoramento da acessibilidade. Sendo assim, propondo a integração de uma aplicação móvel ao sistema atual da Universidade de Itaúna, onde viabiliza-se a inscrição do vestibular para os usuários, tentando expandir seu número de participantes e divulgar a instituição.

Com isso, visando atingir o objetivo principal, o qual é o emprego da integração de uma aplicação móvel no sistema presente na universidade, tem-se que analisar o funcionamento atual do sistema da UIT, detalhando as principais funcionalidades presentes, analisar uma arquitetura para uma melhor integração, modelar uma base de dados que atenderá todas as necessidades dos usuários, além de suportar os dados gerados pelo sistema, identificar linguagens de programação a serem utilizadas para o desenvolvimento e desenvolver um protótipo, baseado nas pesquisas realizadas, voltado para o processo seletivo.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados utilizados para o desenvolvimento do projeto. A Seção 3, exibe a solução proposta, juntamente com detalhes e algoritmos utilizados. A Seção 4, apresenta o cenário abordado e os resultados obtidos por meio de pesquisas. Finalizando, a Seção 5 apresenta as conclusões e alguns projetos futuros para este trabalho.

## 2. Trabalhos correlatos

O uso de mecanismos para integrar sistemas distintos está cada vez mais em uso. Na literatura pode-se encontrar várias pesquisas relacionadas ao tema, além de ainda existir produtos já no mercado disponibilizados para o uso.

Para os serviços em nuvem encontra-se as empresas AWS (*Amazon Web Services*), que disponibiliza diversos serviços para *Cloud Computing* como o EC2 (*Amazon Elastic Compute Cloud*), que permite a computação redimensionável em nuvem [AWS 2016]. Um fato ocorrido recentemente foi a parceria firmada pela empresa Ericsson com a AWS, onde tem como intuito a transformação da nuvem para provedores de serviços em telecom

[ITFORUM365 2016]. A Microsoft Azure que entrou na mídia recentemente com a parceria feita por algumas marcas de veículos, como a Renault-Nissan Alliance, com a Microsoft, tendo como objetivo principal a conexão de carros autônomos ao Azure. A ideia base do sistema será o funcionamento de recursos avançados de navegação, monitoramento de veículos, manutenção preventiva e conectividade para atualização dos automóveis no ambiente em nuvem oferecido pela plataforma [Service 2016]. Apresenta-se também a DigitalOcean uma empresa recente a qual oferece alguns serviços em nuvem, levando o mesmo conceito contudo com foco em entrega de VPS (*Virtual Private Server*) [Mariano 2014]. E a Bluehost India conde com a alta do comércio na área de computação em nuvem, várias empresas surgem oferecendo serviços diferenciados e com custos diferenciados. Recentemente a empresa Bluehost, uma das maiores empresas de webhosting e soluções do mundo, lançou VPS ultrachip com preço consideravelmente baixo e com capacidade de armazenamento elevada [E.R. 2016].

Produtos e sistemas já utilizam Web Services, um exemplo disto é o iFood, que é um sistema que tem seu foco na aplicação móvel e tem como finalidade o fornecimento rápido e prático de pedidos alimentícios via smartphone ou web. Este sistema aborda uma arquitetura orientada a serviços, utiliza-se o método de micro serviços, cujo o foco é apenas em funcionalidades específicas como serviço, onde o mesmo se torna independente, evitando possíveis comprometimentos generalizados no sistema e permite ser implementado de forma heterogênea, utilizando linguagens distintas [Dolphine 2015]. O sistema utiliza uma API (*Application Programming Interface*) apresentando a ideia de utilizar micro serviço para chamar outros, para agregar dados, tendo apenas um único ponto de entrada, trafegando-se menos dados e otimizando o aplicativo com relação a internet e velocidade de processamento de algo, sendo um mecanismo síncrono. Além disso, usa-se, também, o mecanismo assíncrono, baseado em eventos, que incentiva a coreografia e baixo acoplamento. E, pode-se destacar, o aplicativo uGuide, o qual é uma aplicação móvel desenvolvida pela Universidade Federal de Ouro Preto, com o intuito de aproximar o Festival de Inverno de Ouro Preto e Mariana. Lançado em 2012, o aplicativo apresenta um Webservice para realizar a função de integração e permite ao usuário se localizar no campus e obter notificações sobre eventos, alinhando com as tendências da tecnologia [UFOP 2016].

Na literatura há-se trabalhos relacionados tais como o sistema móvel para serviços de telemedicina, onde os autores enfatizam a utilização de diversos tipos de serviços, como serviços médicos, hospitalar e de ambulância, para compartilhar e receber informações entre eles por meio de uma arquitetura orientada à serviços. Seu objetivo é a permissão de visualizar todas as informações de um paciente por meio de uma aplicação móvel [Raafat and Cecelja 2011]. O artigo *Entrega de Filtros de itens RSS para Aplicações Mobile* publicado por Atul Sajjanhar e Ying Zhao na Conferência Anual ChinaGrid, tem como finalidade destacar um novo método para manipular feeds RSS para web sites. Neste projeto desenvolveu-se um Web Service com objetivo de entregar filtros de novos itens de feeds RSS (*Really Simple Syndication*) para aplicações móveis, onde o usuário poderá capturar atualizações de web sites sem a necessidade de visitar o mesmo, onde 52\% dos usuários de RSS obtem atualizações locais e internacionais de prestadores e 23\% usam para blogs [Sajjanhar and Zhao 2012]. Por fim tem-se a aplicação móvel para agricultores geograficamente dispersos, o qual é um artigo publicado por Richard K. Lomotey, Yiding Chai, Kazi A. Ahmed e Ralph Deters, da Universidade de Saskatchewan, onde fizeram uma



aplicação que auxilia agricultores de culturas na aplicação de pesticidas, contendo uma estação de monitoramento tendo atualizações constantes e as informações obtidas são distribuídas para os agricultores, via dispositivos móveis, que estão geograficamente dispersos, onde o serviço é categorizado em três grupos: Infraestrutura, Plataforma e Software. Esta aplicação informa o tempo correto para que o agricultor possa utilizar novamente os pesticidas, automatizando e otimizando sua produção [Lomotey et al. 2013].

### 3. Metodologia

O sistema será composto por um Web Service que irá integrar as demais plataformas, sendo um Web Site responsável pela função administradora e uma aplicação móvel disponibilizada a usuários finais, além de um banco de dados. Um esboço da arquitetura e funcionamento do sistema pode ser conferido na Figura 1.

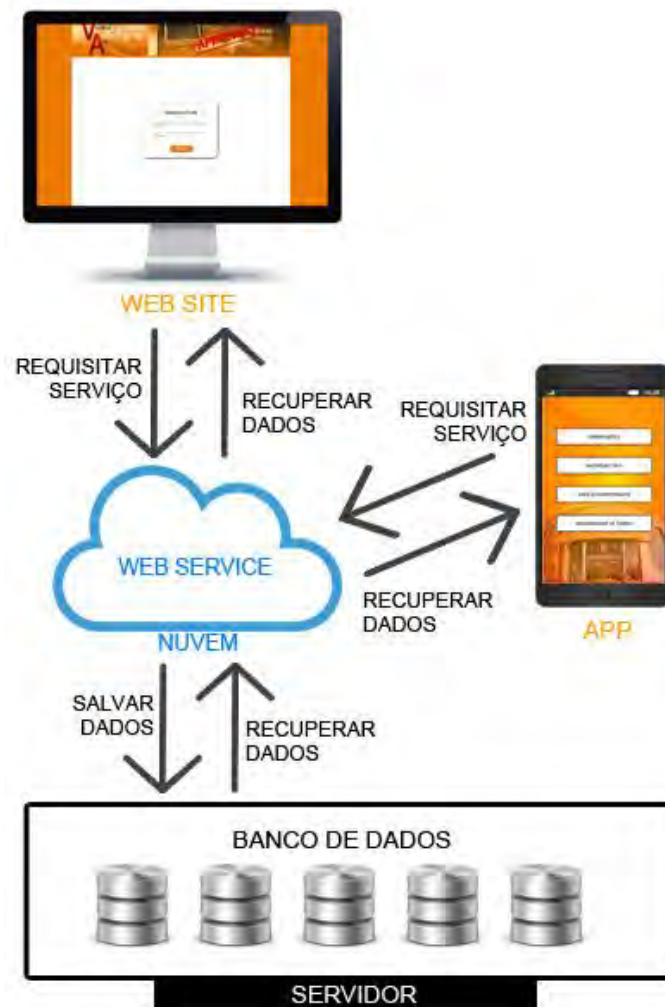


Figura 1 - Arquitetura do sistema a ser desenvolvido. Fonte: Próprio autor.

A seguir será explicado, em subseções, um pouco de cada tecnologia desenvolvida, onde a subseção 3.1 apresenta o banco de dados, a subseção 3.2 o Web Service, a subseção 3.3 o Web Site e a subseção 3.4 a aplicação móvel.



### 3.1 Banco de dados

A base de dados utilizada foi o MySQL Server, devido a sua velocidade perante sistemas web, gratuito e ter alta capacidade de armazenamento.

Após a definição do banco de dados, estudou-se uma melhor modelagem para que o mesmo pudesse atender a todos os softwares, de forma prática e ágil, levando em consideração aos requisitos levantados e as possíveis classes e funcionalidades utilizadas. Assim chegou-se a uma modelagem final conferida na Figura 2.

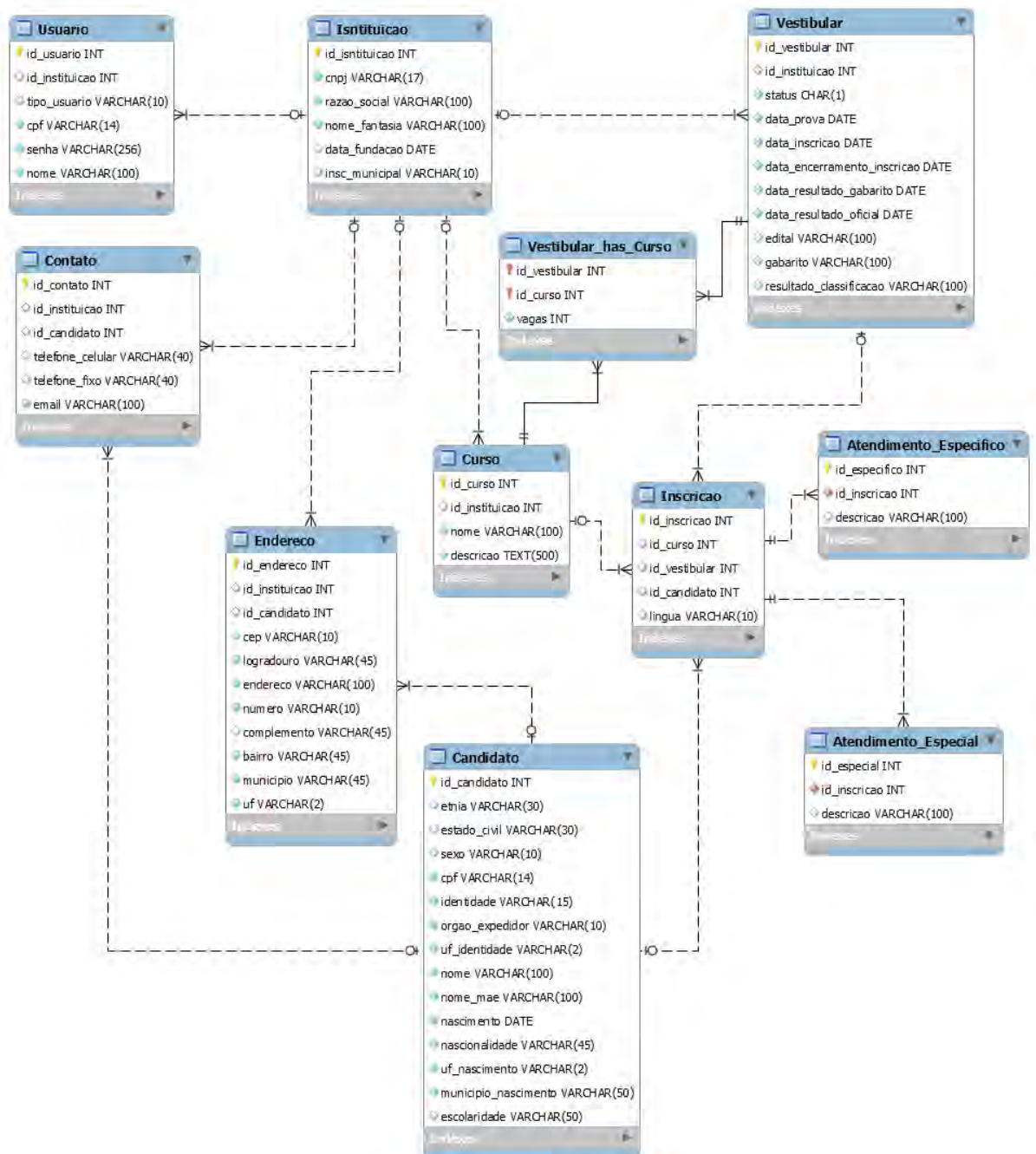


Figura 2 – Modelagem do Banco de Dados. Fonte: Próprio autor.





### 3.2 Web service

Desenvolveu-se na linguagem PHP (*Personal Home Page*) e empregou-se o modelo de criação MVC (*Model, View, Controller*), visando a facilidade em programar e uma máxima separação. O método de intercâmbio de dados realizado é SOAP (*Simple Object Access Protocol*) e utiliza-se a biblioteca NuSoap para permitir esse processo. Pode ser verificado os serviços, acesso ao banco de dados, classes e controles.

Sua principal característica é os serviços que o mesmo disponibiliza para serem consumidos. A seguir observa-se alguns trechos de código caracterizando o serviço disponibilizado pelo Web Service. No algoritmo 1, nota-se a configuração do WSDL (*Web Services Description Language*) e o registro do serviço empregado, onde o mesmo recebe um nome, além de apresentar os parâmetros de recebimento e de envio. Logo após, confere-se no código 2 a função a qual o serviço irá utilizar para fazer operações, como utilizar classes e acessar o banco de dados.

```
$server = new soap_server;  
$server->configureWSDL('server.insertUsuario', 'urn:server.insertUsuario');  
$server->wsdl->schemaTargetNamespace='urn:server.insertUsuario';  
$server->register(  
    'insertUsuario',  
    array('instituicao' => 'xsd:string', 'tipo' => 'xsd:string', 'cpf' => 'xsd:string',  
          'senha' => 'xsd:string', 'nome' => 'xsd:string'),  
    array('return' => 'xsd:string'),  
    'urn:server.insertUsuario',  
    'urn:server.insertUsuario#insertUsuario',  
    'rpc',  
    'encoded',  
    'Insere os dados do usuario.'  
);
```

Listagem 1 – Registro de serviços.

```
function insertUsuario($instituicao, $tipo, $cpf, $senha, $nome){  
    include_once '../VestibulApp.Core/Usuario.php';  
  
    $usuario = new Usuario();  
    $usuario->setInstituicao($instituicao);  
    $usuario->setTipo($tipo);  
    $usuario->setCpf($cpf);  
    $usuario->setSenha($senha);  
    $usuario->setNome($nome);  
    $usuario->openConnect();  
  
    return $usuario->Insert();  
}
```

Listagem 2 – Função utilizada pelo serviço registrado.



### 3.3 Web site

O Web Site é a aplicação destinada aos administradores do processo seletivo, onde é possível cadastrar a universidade (no primeiro acesso), cadastrar cursos, vestibular e usuários que, também, poderão realizar manutenções no mesmo. Desenvolveu-se o back-end na linguagem PHP e o front-end nas linguagens JavaScript, HTML (*HyperText Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*) e utilizou-se o padrão de criação MVC.

Esta aplicação destaca-se pelo controle de acesso que é feito, como exemplo no código 3. Ao fornecer as credenciais do usuário, o sistema faz uma requisição ao Web Service e o mesmo retorna se existe, ou não, as credenciais. Caso seja validado o acesso, verifica-se se há alguma sessão iniciada e atribui-se valores fundamentais a cada variável da sessão. Após atribuição de valores a cada variável da sessão, utiliza-se a variável `$_SESSION['tipo_usuario']` para dar permissões específicas a cada usuário, conferido no algoritmo 4.

```
if (!isset($_SESSION)) session_start();  
$_SESSION['id_usuario'] = $result[1];  
$_SESSION['tipo_usuario'] = $result[2];  
$_SESSION['cpf'] = $result[3];  
$_SESSION['nome'] = $result[4];
```

Listagem 3 – Verificação da sessão e atribuição a valores para cada variável da mesma.

```
if($_SESSION['tipo_usuario'] == 'Master'){  
    /*...*/  
}  
else if($_SESSION['tipo_usuario'] == 'Administrador'){  
    /*...*/  
}  
else{  
    /*...*/  
}
```

Listagem 4 – Verificação para acesso ao menu de acordo com o tipo de usuário.

Além do controle de acesso, nota-se também a requisição de serviços ao Web Service, verificado no trecho de código 5, o qual retrata-se do chamado de um serviço pelo método *call*, onde é passado, como parâmetros, o nome do serviço requerido e um vetor contendo os dados que o mesmo irá receber por parâmetro.

```
return $client->call('insertCurso', array(  
    ".$this->id_instituicao.", ".$this->nome.", ".$this->descricao."));
```

Listagem 5 – Requisição de um serviço proposto pelo Web Service.

### 3.4 Aplicação móvel

Desenvolveu-se a aplicação móvel, separando-a em partes como orientações ao candidato, inscrição, página do participante e sobre a universidade, verificando-se na Figura 3.

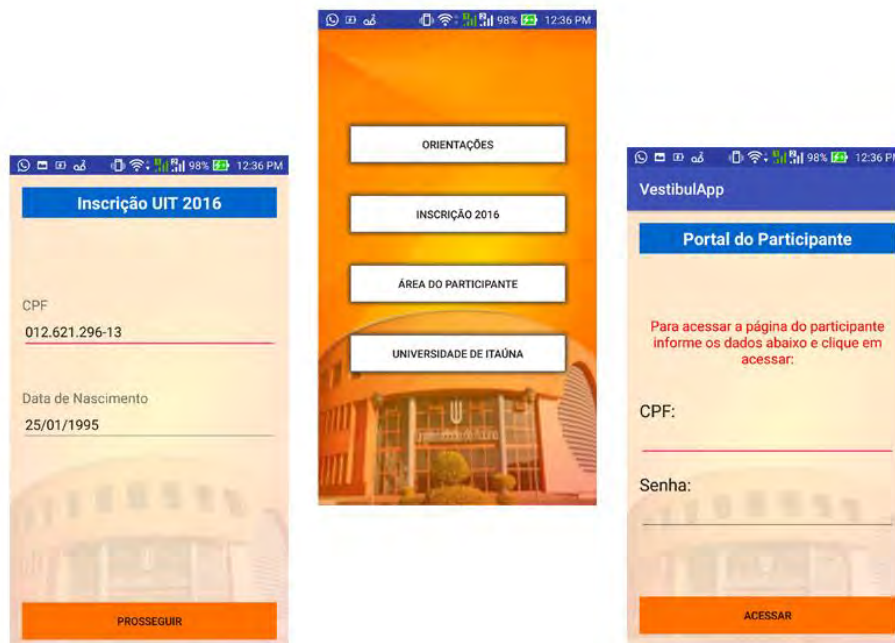


Figura 3 – Interface gráfica do aplicativo. Fonte: Próprio autor.

Utilizou-se a linguagem Java para o desenvolvimento na plataforma Android e, também, a biblioteca KSOAP2, a qual disponibiliza suporte para o consumo de Web Service em SOAP. A funcionalidade caracterizada neste aplicativo é a disponibilização da inscrição e o acesso a área do participante. Ao iniciar o processo de inscrição, é criado um objeto o qual percorre todas as tela a fim de manter um sistema ágil e facilitar possíveis alterações nos dados cadastrais, verificado nos algoritmos 6 e 7. Ao final do processo, todos os dados presentes no objeto são enviados para o Web Service, para que os mesmos sejam salvos no banco de dados.

```

this.candidato = new Candidato();
Intent inscricao = new Intent(this, Inscricao_InicioActivity.class);
inscricao.putExtra("candidato", candidato);
startActivity(inscricao);

```

Listagem 6 – Envio de objeto para outra activity.

```

Intent intent = getIntent();
this.candidato= (Candidato)intent.getSerializableExtra("candidato");

```

Listagem 7 – Recebimento de um objeto vindo de alguma activity.



Para o envio dos dados ao Web Service ou requisição de alguma verificação, utiliza-se classes que estendem as funcionalidade da classe *AnsyTask*, responsável por encapsular todo o processo de criação de *threads* e *handler*. O primeiro passo é definir algumas variáveis para o acesso ao Web Service presentes no algoritmo 8. Feito isso, faz-se a verificação de conexão com a internet, observado no código 9. Cria-se um objeto que irá fazer a requisição ao Web Service, onde é passado, como parâmetro, o *NameSpace* e o Método a ser invocado, como é verificado no código 10. Logo em seguida, recupera-se os parâmetros que irão ser enviados e os *\textit{serializa}* para o envio e faz-se a chamada do servidor pelo método *HttpTransportSE*, observado no código 11. Por fim, espera-se o retorno das informações por meio do método *getResponse*, visto no código 12.

```
private static final String SOAP_ACTION = "urn:server.insertCandidato#insertCandidato";  
private static final String METHOD_NAME = "insertCandidato";  
private static final String NAMESPACE = "urn:server.insertCandidato";  
private String URL = Constants.HOST + "Candidato/Insert.php";
```

Listagem 8 – Criação de variáveis de acesso ao Web Service.

```
if(Service.isOnline(context))
```

Listagem 9 – Verificação de conexão com a internet.

```
soap = new SoapObject(NAMESPACE, METHOD_NAME);
```

Listagem 10 – Criação do objeto para requisição ao Web Service.

```
Candidato.getCandidato().getParametros(soap);  
envelope = new SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VER11);  
envelope.setOutputSoapObject(soap);  
transportSE = new HttpTransportSE(URL);
```

Listagem 11 – Preparação e envio de dados ao Web Service.

```
String response = envelope.getResponse().toString();  
if(response != null && !response.equals("false")){  
    idCandidato = response.split(":")[1].trim();  
    resultado = true;  
}
```

Listagem 12 – Retorno das informações.

#### 4. Resultados

Como demonstração dos resultados, realizou-se uma entrevista com 12 pessoas, de distintos cursos e períodos, as quais foram submetidas a responder a algumas questões. Dentro das questões propostas foram avaliados, dentre uma escala de 1 a 10, os seguintes

itens:

- a) Interface gráfica agradável, o qual foi avaliada a qualidade dos layouts desenvolvidos. Obteve-se nota 9 de 45,5\% dos participantes, notado no gráfico 4;
- b) Probabilidade de indicação do aplicativo, onde avaliou se o usuário indicaria o aplicativo para algum amigo, pessoa próxima ou em alguma outra situação. Observa-se que 63,6\% dos voluntários concederam nota 10, verificado no gráfico 5;
- c) Facilidade no processo de inscrição, avaliado o quão prático seria, para o usuário, utilizar o aplicativo com relação ao site. Obtendo, como maioria, 63,6\% a nota 10, observado no gráfico 6;

Além de resultados quantitativos, como exibido anteriormente, foram feitas questões para propor sugestões perante o aplicativo apresentado. Possibilitou-se que os participantes citassem pontos negativos e positivos além de sugerir algumas mudanças no aplicativo, seja acréscimo, decréscimo ou correção de algo.

Essa análise qualitativa do aplicativo, pode-se notar que algo ressaltado pelos entrevistados como ponto positivo foi a maior praticidade que o sistema iria proporcionar. E como ponto negativo, exaltou-se a não portabilidade e por não atender a todos os públicos, como sugestão destacou-se o melhoramento do design e adicionar funcionalidades extras, tal como uma área contendo o material a ser estudado para a prova, por exemplo.

## 5. Conclusão

Após realizada várias pesquisas para a criação do projeto, nota-se o grande impacto que o setor de desenvolvimento de aplicações móveis e a programação em nuvem está causando perante a sociedade e a tecnologia. Levando em conta esse fato, pode-se observar que há falta de meios tecnológicos em alguns setores, como é o caso da educação.

No desenvolvimento do sistema, pode-se concluir que há uma certa eficiência na criação de aplicações móveis através de linguagens nativas, pois a mesma permite utilizar mais recursos sobre a plataforma. Além disso, percebeu-se que o SOAP, método de intercâmbio de informações, deixou a aplicação móvel um pouco mais lenta pelo fato da estrutura XML possuir uma estrutura descritiva mais complexa, com uma grande quantidade de metadados [Mark 2016].

Finalizando, esse sistema abre portas para diversas possibilidades, levando em conta sua capacidade de funcionar em diferentes plataformas. Algumas pretensões para futuros trabalhos são a alteração da comunicação utilizada para JSON, para o aumento da velocidade do aplicativo móvel, ampliação do campo de alcance do aplicativo, tornando-o multi-plataforma, onde terá a disponibilidade para dispositivos iOS, criação de novas funcionalidades para uso interno da universidade e o aumento da acessibilidade, como o aumento da fonte, tornando-o viável para qualquer tipo de usuário.

## Referências

- AWS (2016). *Amazon ec2 – hospedagem de servidor virtual*. [Online; accessed 25-october-2016].
- Booth, D., Haas, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., and Orchard, D. (2004). *Web services architecture*.



Caelum (2016). *Lab. Java com testes, jsf e design patterns*. [Online; accessed 14,april-2016].

DevMedia (2016). *Site – devmedia, asp.net, java, delphi, sql e web design, tudo em um só lugar!* [Online; accessed 22-march-2016].

Dolphine, T. (2015) *Microservices: uma abordagem para arquitetura de aplicações*. [Online; accessed 11-may-2016].

E.R., S. (2016). *After digitalocean, bluehost india launches ultra-cheap cloud vps hosting read more at <http://rtn.asia/s-e/24434/digitalocean-bluehost-india-launches-ultracheap-cloud-vps-hosting2pivxm0bva5i6fsk.99>*. [Online; accessed 25-october-2016].

ITFORUM365 (2016). *Ericsson estabelece parceria global com amazon web services*. [Online; access 14-april-2016].

Lomotey, R. K., Chai, Y., Ahmed, K. A., and Deters, R. (2013). *Web services mobile application for geographically dispersed crop farmers*. In *Computational Science and Engineering (CSE), 2013 IEEE 16th International Conference on*, pages 151-158.

Mariano, F. (2014). *Digital ocean é bom? Comparativo com a aws e rackspace*. [Online; accessed 23-november-2016].

Mark (2016). *Why rest + json is preferred over soap for mobile web services*. [Online; accessed 23-november-2016].

Raafat, T. And Cecelja, F. (2011). *Application of semantic web services for mobile telemedicine service discovery*. In *2011 35th IEEE Annual Computer Software and Applications Conference*, pages 562-563. IEEE.

Sajjanhar, A. And Zhao, Y. (2012). *Web service to deliver filtered rss items to a mobile application*. In *2012 Seventh ChinaGrid Annual Conference*, pages 128-133.

Service, I. N. (2016). *Microsoft conectará carro autônomo da renaul-nissan ao azure*. [Online; accessed 25-october-2016].

UFOP (2016). *Uguide: Interação entre o festival de inverno e o público*. [Online; accessed 13-april-2016].



## **Melhoria contínua ambulante: metodologia participativa para análise e solução de problemas aplicada ao nível operacional em tempo real**

Amanda Pereira Malta<sup>1</sup>

Cristiane Caetano Alves<sup>2</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>3</sup>

Henrique Bernardes de Carvalho Neto<sup>4</sup>

**Resumo:** Esse artigo trata do desenvolvimento de uma metodologia que visa envolver o nível operacional na busca da melhoria da qualidade. A participação dos operadores possibilita incentivo e reconhecimento a esses, além da obtenção de comprometimento dos mesmos quando da implementação e manutenção das ações definidas, o que facilita o alcance de resultados esperados. Esta metodologia – denominada de “Melhoria Contínua Ambulante” – consiste em uma técnica participativa de melhoria de processos que é desenvolvida na própria área de trabalho. As ferramentas utilizadas para análise e solução dos problemas estão contidas num quadro móvel, que é disponibilizado no local de trabalho para que os operadores possam contribuir para a solução do problema, a qualquer momento, independente do turno de trabalho. Este quadro é ambulante, uma vez que ele é deslocado de uma área para outra quando novas oportunidades de melhoria são identificadas. Para validação da metodologia, a mesma foi aplicada para resolver um problema numa indústria têxtil, sendo realizadas todas as etapas propostas, desde a apresentação da metodologia, levantamento das causas do problema, até a definição e implementação de ações. A metodologia mostrou-se eficaz, possibilitando reduzir em média 47% o índice de defeito em tecidos devido a friso de preparação.

**Palavras-chave:** Metodologia. Envolvimento. Melhoria contínua. Análise e solução de problemas.

1. Engenheira de Produção, UI, amandapmalta@hotmail.com.

2. Engenheira de Produção, UI, caetano.cris@yahoo.com.br.

3. Mestre em Engenharia de Produção, UI, gilsonmarques1@gmail.com.

4. Engenheiro de Produção, UI, bernardes.henrique@bol.com.br.

### **1. Introdução**

No atual cenário em que as empresas estão inseridas, a qualidade de seus produtos já não é mais um diferencial e sim um requisito para serem competitivas no mercado. Estando os clientes estão cada vez mais exigentes e intolerantes a não conformidades, as empresas devem ter como princípio básico a busca pela melhoria contínua em seus processos, proporcionando redução de custos, satisfação dos clientes e desenvolvimentos de seus funcionários. Assim, a competitividade de uma empresa está diretamente relacionada à sua capacidade de solução de problemas e de melhoria de processos.

Normalmente, os envolvidos em projetos de melhorias são os níveis estratégico e



tático, porém não são eles que lidam diretamente com os problemas enfrentados na rotina do chão de fábrica. Sendo assim esses projetos nem sempre são viáveis e eficazes dificultando a obtenção de comprometimento do nível operacional com as ações definidas quando este não participa dos projetos e fazendo com que não se atinjam os resultados esperados. Identificada essa deficiência na empresa pesquisada, foi desenvolvida uma metodologia que propõe o envolvimento direto do nível operacional na melhoria de processos, visando solucionar efetivamente os problemas e promover a mobilização dos funcionários.

Trata-se de uma nova metodologia apoiada em metodologias já existentes – como MASP, PDCA, CCQ e *Kaizen* - denominada “Melhoria Contínua Ambulante” (MCA) que utiliza algumas ferramentas da qualidade. Essas ferramentas são disponibilizadas na forma de gestão à vista na área onde o projeto de melhoria é desenvolvido de forma a facilitar o entendimento e participação dos operadores no levantamento de causas e sugestões de soluções para determinados problemas.

## 2. Metodologia

Esta pesquisa é de natureza aplicada uma vez que seu objetivo é gerar conhecimentos para a aplicação prática e dirigidos à sistematização da participação do nível operacional na análise e solução de problemas específicos.

Trata-se de uma pesquisa do tipo exploratória, pois o desenvolvimento da metodologia MCA foi baseado em levantamentos bibliográficos e em sua aplicação busca-se explicitar oportunidades de melhoria nos processos de manufatura através da participação dos operadores que convivem diretamente com os problemas. Estes problemas são abordados de forma quantitativa devido ao fato de que após as ações serem tomadas os resultados são mensurados e comparados à situação inicial para confirmação do alcance ou não do objetivo.

Para validação da metodologia, foi realizado estudo de caso que tornou possível o detalhamento das causas que provocam a ocorrência de frisos de alveamento em tecidos e consequentemente bloqueio das mesmas. Esta validação foi realizada em campo, tendo como universo de pesquisa o setor de beneficiamento de uma indústria têxtil, especificamente o processo de alveamento contínuo.

A análise da viabilidade de adoção da MCA foi feita através da interpretação dos resultados após a aplicação da metodologia utilizando gráficos e relatórios.

### 2.1 Caracterização do problema e objetivos

O problema identificado foi a dificuldade para disponibilização dos operadores para participarem dos projetos de melhoria de processos e solução de problemas. Isto reduz a possibilidade de envolvimento dos operadores nos projetos de melhoria, ocasionando perda de potencial criativo e baixo comprometimento com as ações definidas nos projetos. Com isso a efetividade dos projetos de melhoria de processos e solução de problemas é afetada e objetivos não são alcançados, o que causa perdas de qualidade e produtividade, reduzindo consequentemente a competitividade da empresa.

Neste sentido, o objetivo principal do trabalho é estruturar, desenvolver e validar a metodologia MCA buscando:

- a) Aumentar a participação dos operadores na análise e solução de problemas.



- b) Potencializar a criatividade dos operadores.
- c) Capacitar os operadores para a solução de problemas.
- d) Garantir a manutenção de ações de melhorias.
- e) Proporcionar condições para que o próprio operador dê continuidade à melhoria proposta visto que o mesmo participa ativamente do seu desenvolvimento.
- f) Melhorar a disseminação de informações.
- g) Melhorar a integração entre operadores do mesmo turno e de turnos diferentes.

## 2.2 Estruturação da melhoria contínua ambulante

A MCA é uma metodologia participativa de melhoria de processos e solução de problemas que é desenvolvida na própria área de trabalho, onde as ferramentas utilizadas para análise e solução dos problemas – que estão contidas num quadro móvel - são deslocadas de uma área para outra quando novas oportunidades de melhoria são identificadas. Para o desenvolvimento e aplicação desta metodologia deve-se seguir uma sequência de etapas que engloba desde a definição da metodologia até a sua difusão.

### 2.2.1 Definição da metodologia MCA

A capacidade da empresa de resolver problemas de forma eficaz e de melhorar os seus processos é fator preponderante para aumento da competitividade. Neste sentido a implementação de uma metodologia que possibilita a participação dos operados nos projetos de melhoria de processos, faz com que haja maior comprometimento dos mesmos resultando em maior produtividade e garantia da qualidade dos produtos.

Neste sentido, foi definida uma metodologia cujas etapas estão ilustradas na FIGURA 1. Para cada uma destas etapas foram definidas estratégias de implementação, responsáveis e prazos.

O QUE	QUANDO					QUEM
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	
1. Definir metodologia para implementação da melhoria contínua ambulante.	█					
2. Sensibilizar a diretoria e gerência.		█				
3. Sensibilizar a supervisão e chefia.			█			
4. Definir processo piloto.		█				
5. Divulgar o projeto.			█			
6. Preparar recursos preliminares.			█			
7. Implantar a melhoria contínua ambulante.			█	█	█	
8. Difundir a melhoria contínua ambulante para outros processos.						█

FIGURA 1 - Macro etapas da MCA



### **2.2.2 Sensibilização da diretoria e gerência**

Entendendo que a decisão pela implementação de qualquer novo projeto é da alta direção da empresa, deve-se realizar a apresentação da metodologia à diretoria e gerência de forma a obter o seu comprometimento e apoio. Nesta apresentação é feita a contextualização da MCA nas atividades da empresa bem como a explicitação dos objetivos, da justificativa e da estratégia de implementação da MCA. Deve ser ratificada a importância da postura da liderança no sucesso do projeto. Os líderes devem estimular os demais funcionários a também se envolverem e comprometerem com o desenvolvimento das atividades propostas. Essa sensibilização é importante também para validação da metodologia MCA.

### **2.2.3 Sensibilização da supervisão e chefia**

Assim como é feito no nível estratégico, a metodologia MCA deve também ser apresentada à supervisão e chefia de forma a contextualizar sua aplicação e relatar possíveis ganhos, justificativa, estratégia e plano macro. Como o nível tático é responsável pela interligação entre os níveis estratégico e operacional, sua postura e envolvimento no projeto é de elevada importância para possibilitar a disseminação da metodologia e o seu sucesso, garantindo que sejam atingidos os objetivos da empresa. Por se tratar de um projeto em que o foco é o envolvimento dos operadores nas análises e soluções de problemas, é função da supervisão e chefia estimular o envolvimento dos operadores na MCA, disponibilizar treinamentos específicos para que o operador seja capaz de identificar alterações no processo, além de contribuir no monitoramento da implementação das ações do projeto.

### **2.2.4 Definição do processo piloto**

Por se tratar de uma nova metodologia a ser desenvolvida, é preciso definir um processo piloto para a sua implementação e posterior validação. A escolha desse processo se dá a partir da análise dos indicadores de qualidade da empresa, de forma a identificar os processos que originam problemas e apresentam oportunidades de melhoria. Após definido o processo, esse deve ser analisado a fim de identificar o problema de maior influência na qualidade do produto.

### **2.2.5 Divulgação do projeto**

Além da apresentação do projeto à diretoria, gerência, supervisão e chefia é feita divulgação para toda a empresa através de recursos visuais. Para tanto, utiliza-se de *banners* explicativos contendo os principais conceitos do projeto, seus objetivos, o processo em que será implementado e o problema a ser tratado. O processo escolhido também é identificado com recursos visuais de forma a ser destacado dos demais processos da empresa.

### **2.2.6 Preparação de recursos preliminares**

Para levantamento e registro das informações deve ser disponibilizado, no processo foco, quadro de gestão à vista contendo ferramentas da qualidade. Devem ser disponibilizadas, também, reais do problema em questão para exemplificação e auxílio aos operadores no levantamento das causas.

### **2.2.7 Implantação da melhoria contínua ambulante**

Para a implantação da MCA deve se seguir os passos mostrados no FIGURA 2.



O QUE	QUANDO				QUEM
	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	
1. Realizar diagnóstico do problema.	█				
2. Realizar nivelamento conceitual da equipe.	█				
3. Nivelar o conhecimento sobre o problema.	█				
4. Elaborar diagrama de causa e efeito.	█				
5. Elaborar plano de ação.		█			
6. Implementar as ações definidas.		█	█	█	
7. Verificar resultados obtidos.			█		
8. Padronizar as ações de sucesso.			█		
9. Realizar acompanhamento da MCA.			█	█	

FIGURA 2 - Etapas para implantação da MCA

Inicialmente deve-se realizar o diagnóstico da situação atual do problema, através de indicadores do índice de defeitos estratificado por máquina, tipo de produto e turno de trabalho a fim de se conhecer o histórico da situação para definição das metas e objetivos a serem alcançados. Deve-se realizar, no próprio local de trabalho, nivelamento conceitual da equipe de operadores envolvida na implantação da metodologia abrangendo: o contexto da MCA nas atividades da empresa; os conceitos e objetivos da MCA; as estratégias de implementação da MCA; a importância da postura da equipe envolvida no projeto; o diagnóstico do problema; os objetivos do projeto foco; as ferramentas de análise e melhoria de processos (*brainstorming*, diagrama de causa e efeito, cinco porquês e plano de ação). Deve ser realizado, também, nivelamento conceitual sobre o problema foco.

Posteriormente inicia-se a elaboração do diagrama de causa e efeito. O levantamento das causas conta com o acompanhamento de um facilitador durante o primeiro dia, em todos os turnos de trabalho, com o objetivo de orientar os operadores quanto à utilização da ferramenta. Após iniciado, o levantamento das causas continua de forma não estruturada (os operadores fazem o registro de causas no quadro de gestão à vista na medida em que elas surgem) durante quatro dias subsequentes em todos os turnos de trabalho. No sexto dia, acontece a análise das causas mais prováveis do problema pelos operadores com a participação do facilitador em todos os turnos de trabalho.

No sétimo dia, a partir dos resultados obtidos através da análise das causas, são relacionadas ações para bloqueio das causas mais prováveis. O levantamento de ações continua de forma não estruturada (assim como no levantamento das causas, os operadores fazem o registro de ações no quadro de gestão à vista na medida em que elas surgem) durante quatro dias subsequentes em todos os turnos de trabalho, levando em consideração que existe a possibilidade de surgirem novas ações.

No décimo segundo dia, o facilitador, em todos os turnos de trabalho, elabora o plano de ação junto aos operadores definindo ações, responsáveis e prazo para implementação das ações.



Após a implementação das ações, a equipe envolvida realiza a verificação dos resultados através da comparação dos resultados obtidos antes e após a implementação das ações. Se as ações proporcionarem melhorias no resultado, estas devem ser padronizadas através da definição de procedimentos. Para garantir a implementação das ações de melhoria é necessário que os envolvidos sejam treinados e orientados a seguirem esses procedimentos. Caso as ações não sejam eficazes, novo levantamento de causas deve ser realizado.

Para se garantir a manutenção dos resultados deve ser feito acompanhamento da MCA através da realização de auditorias e de análises críticas dos resultados.

### **2.2.8 Difusão da MCA para outros processos**

Por se tratar de uma metodologia contínua e ambulante, depois de solucionado o problema num determinado processo deve-se identificar novas oportunidades de melhoria em outros processos para aplicação da MCA. Neste caso, os recursos utilizados para análise e solução de problemas são deslocados para a área onde está localizada a nova oportunidade de melhoria.

## **3. Resultados**

### **3.1 Validação da melhoria contínua ambulante**

Com o objetivo de validar a metodologia, a MCA foi implantada em uma indústria têxtil seguindo todas as etapas e estratégias definidas na metodologia.

#### **3.1.1 Sensibilização da diretoria e gerência**

A fim de buscar a aprovação e validação da MCA, a mesma foi apresentada à diretoria e gerências da empresa. Nessa apresentação foram discutidos o contexto, objetivos, justificativa e estratégias de implementação da MCA. Foi apresentado, também, o macro plano da MCA e ressaltada a importância da postura da liderança no sucesso do projeto. Por fim a metodologia foi validada e aprovada.

#### **3.1.2 Sensibilização da supervisão e chefia**

Assim como realizado com a diretoria e gerências, a MCA foi apresentada aos supervisores e chefes de todos os processos de produção do beneficiamento da empresa, com o objetivo de envolvê-los no projeto e torná-los disseminadores da ideia.

#### **3.1.3 Definição do processo piloto e do problema**

Para se verificar os defeitos que fizeram com que a produção fosse direcionada à segunda qualidade, foi elaborado o GRÁFICO 1 onde estão representadas as porcentagens dos principais defeitos ocorridos.

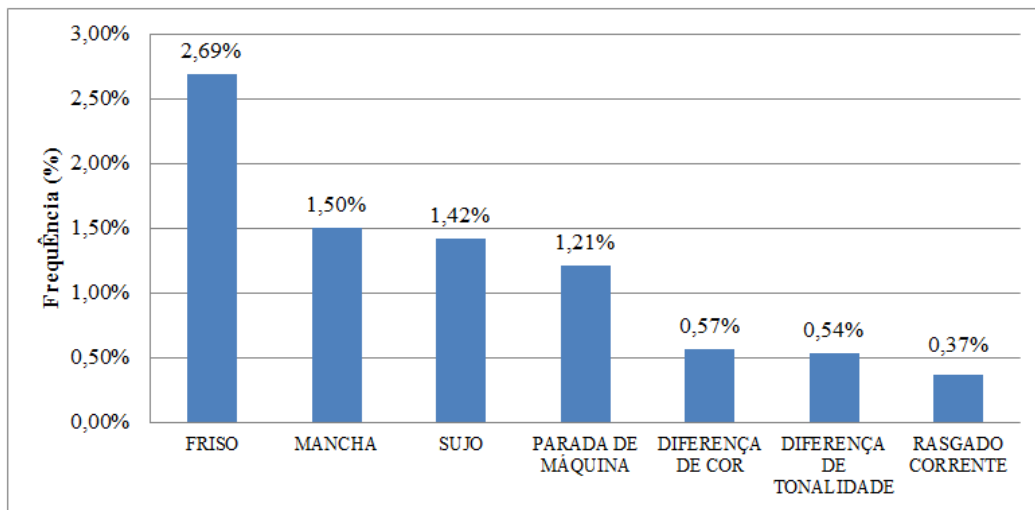


GRÁFICO 1– Percentual dos principais defeitos geradores de segunda qualidade

Dentre os defeitos identificados, os frisos, de uma forma geral, representam o principal motivo que direcionou os tecidos à segunda qualidade. Partindo do princípio de que qualquer processo do beneficiamento pode gerar frisos, o ideal é que as causas que geram esse defeito em cada etapa do fluxo produtivo sejam identificadas e tratadas de forma a reduzir o índice de tecidos de segunda qualidade. Dessa forma o processo de alvejamento contínuo foi definido como processo piloto para a implementação da MCA. Esse é um dos primeiros processos de preparação do tecido para posterior beneficiamento e possui grande probabilidade de geração de frisos.

### 3.1.4 Divulgação do projeto

O projeto foi divulgado através de banners, contendo definição, objetivos e período de realização da MCA, além do nome do processo foco. Esses banners foram colocados na portaria da empresa e na área produtiva onde a MCA foi realizada para maior destaque do processo piloto.

### 3.1.5 Preparação de recursos preliminares

Para registro do problema, da meta, das causas e das ações, utilizou-se de um quadro de gestão à vista, ambulante, contendo o diagrama de causa e efeito e o plano de ação como mostrado nas FIGURAS 3 e 4.



FIGURA 3 – Quadro de gestão à vista da MCA: diagrama de causa e efeito

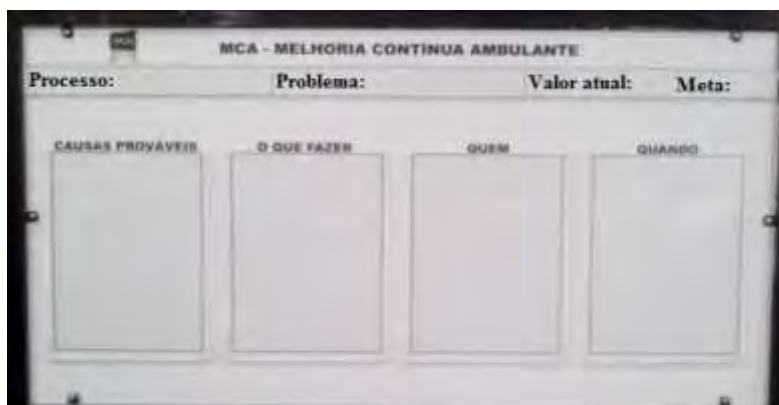


FIGURA 4 – Quadro de gestão à vista da MCA: plano de ação

Para facilitar o entendimento dos operadores sobre o problema, foram disponibilizadas amostras de tecidos com frisos de preparação.

### 3.1.6 Implantação da MCA

#### 3.1.6.1 Realização do diagnóstico do problema

A empresa estudada conta com duas linhas de preparação do tecido: linha 1, onde são preparados tecidos destinados ao vestuário e linha 2, onde são preparados os tecidos profissionais. Analisando as informações contidas no GRÁFICO 2, percebe-se – em relação ao total defeituoso – que o índice de frisos na linha profissional é maior que o da linha vestuário. Dessa forma foi definido que a MCA deveria tratar prioritariamente os frisos originados nos tecidos da linha profissional.

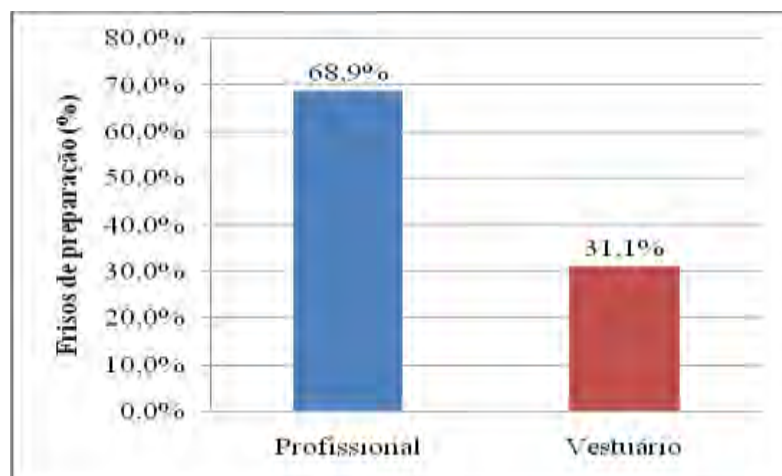


GRÁFICO 2 – Ocorrência em percentual de frisos de preparação por linha de produto

Ao calcular a média do índice de frisos de preparação da linha profissional chegou-se ao valor de 0,81% em relação ao total produzido. Dessa forma definiu-se que a meta seria a redução de 30% nesse índice, ou seja, reduzir a média para 0,57%.

#### 3.1.6.2 Realização de nivelamento conceitual da equipe

Antes dos operadores começarem a levantar as possíveis causas do problema, foi realizado nivelamento conceitual de modo a contextualizar o projeto e ensiná-los sobre as



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

ferramentas usadas. Inicialmente, foi contextualizada a MCA nas atividades da empresa e apresentados seus conceitos, objetivos e estratégias de implementação a fim de justificar o envolvimento de todos no projeto. Em seguida, foi apresentado o diagnóstico do problema e a meta a ser alcançada. Por fim, explicou-se o que é o diagrama de causa e efeito, o que representa cada “M” e como são levantadas as causas.

### **3.1.6.3 Elaboração do diagrama de causa e efeito**

Após o nivelamento conceitual, um facilitador estimulou os operadores a levantar as principais causas que geram frisos. Para cada “M” do diagrama de causa e efeito, questionamentos eram feitos de forma a facilitar o levantamento. Isso foi realizado nos três turnos de trabalho, no próprio local de trabalho dos operadores. Foi combinado que, nos próximos quatro dias subsequentes ao primeiro levantamento das causas, os operadores teriam a oportunidade de contribuir no levantamento de outras possíveis causas para o problema a qualquer momento preenchendo ele mesmo o quadro de gestão à vista. Ao final do quarto dia foram levantadas 29 causas.

Após a etapa de levantamento das causas, essas foram pontuadas, pelos operadores e nos três turnos de trabalho, de acordo com seu grau de relevância em relação ao defeito. Para essa pontuação foram definidos os valores 1, 2 e 3, que representam - respectivamente - pequeno, médio e grande impacto no defeito. Através dessa pontuação as causas foram classificadas conforme os seguintes graus de prioridade: prioridade 1 (somatório da pontuação nos três turnos = 3 e 4), prioridade 2 (somatório da pontuação nos três turnos = 5 com duas indicações 1), prioridade 3 (somatório da pontuação nos três turnos = 5) e prioridade 4 (somatório das demais pontuações).

As causas levantadas com respectivas pontuações e prioridades estão relacionadas no QUADRO 1. Foram consideradas como causas mais prováveis aquelas com graus de prioridade 1 e 2.



CAUSAS		PONT.	PRIORIDADE			
			1	2	3	4
<b>MÁQUINA</b>	1. Máquina de costura quebrando agulha ou desregulada	112	■			
	2. Sujeira no cilindro	211	■			
	3. Prensa estragada (cortada, empenada)	112	■			
	4. Cilindro banana desajustado	122			■	
	5. Falta de ferramenta para limpeza	123				■
	6. Parada de máquina (falta de tecido e manutenção)	313				■
<b>MATERIAL</b>	7. Tecido cru com defeito (raleira)	121	■			
	8. Ourela dobrada	311		■		
	9. Costura mal feita na tecelagem	131		■		
	10. Tecido frisado na tecelagem	212			■	
	11. Linha solta na ourela	232				■
	12. Tecido frisado na chamuscadeira	222				■
	13. Enrolamento mal feito	222				■
	14. Fita crepe no meio do rolo	222				■
	15. Tecido rasgado pela empilhadeira	312				■
16. Peça de tecido virada na tecelagem	332				■	
<b>MÃO DE OBRA</b>	17. Alinhamento inadequado de carro (operador)	111	■			
	18. Falta de limpeza no balancin	211	■			
	19. Costura mal feita	121	■			
	20. Falta de cumprimento do procedimento de limpeza	111	■			
	21. Regulagem inadequada do centralizador	131		■		
	22. Patrulhamento deficiente de uma forma geral	221			■	
	23. Patrulhamento deficiente do centralizador	232				■
	24. Falta de retirada da fita crepe no início do rolo	322				■
	25. Materiais dentro da caixa de lavagem	333				■
26. Manuseio inadequado pelos operadores de empilhadeira	333				■	
<b>MEDIDA</b>	27. Falta sistemática de verificação de pressão das prensas	232				■
	28. Falta de controle de vapor na caixa 6 (fervendo)	233				■
<b>MEIO AMBIENTE</b>	29. Piso desnivelado	313				■

QUADRO 1 – Pontuação e classificação das principais causas levantadas

### 3.1.6.4 Elaboração do plano de ação e implementação das ações definidas

Após definição das causas mais prováveis (CMP), foi elaborado plano de ação contendo 49 ações para bloqueio das causas. Exemplo de parte deste plano está representado no QUADRO 2.





CMP	O QUE FAZER	QUEM	QUANDO
1	Definir plano de inspeção da máquina de costura	RF	Mês 1
2	Facilitar acesso para limpeza do berço	GL	Mês 1
3	Colocar centralizador na entrada do berço	GM	Mês 1
7	Verificar o procedimento de formação do rolo gigante	GL	Mês 1
8	Disponibilizar desdobradores de ourela	GL	Mês 1
10	Auditar cumprimento do procedimento de costura na tecelagem	LL	Mês 2
17	Fazer referência para alinhamento no alvejamento	GM	Mês 1
18	Aumentar pressão da água	GM	Mês 1
19	Capacitar operadores para ajuste da máquina de costura	RF	Mês 1
20	Consertar coletor de pó	RF	Mês 1
21	Elaborar plano de inspeção do centralizador	GL	Mês 1

QUADRO 2 – Plano de ação da MCA.

### 3.1.6.5 Verificação dos resultados obtidos

Os resultados obtidos após a implantação da MCA, conforme ilustrado no GRÁFICO 3, indicam a eficácia da metodologia, uma vez que após aplicação desta houve redução média de 47% no índice de frisos de preparação da linha profissional, sendo a meta alcançada.

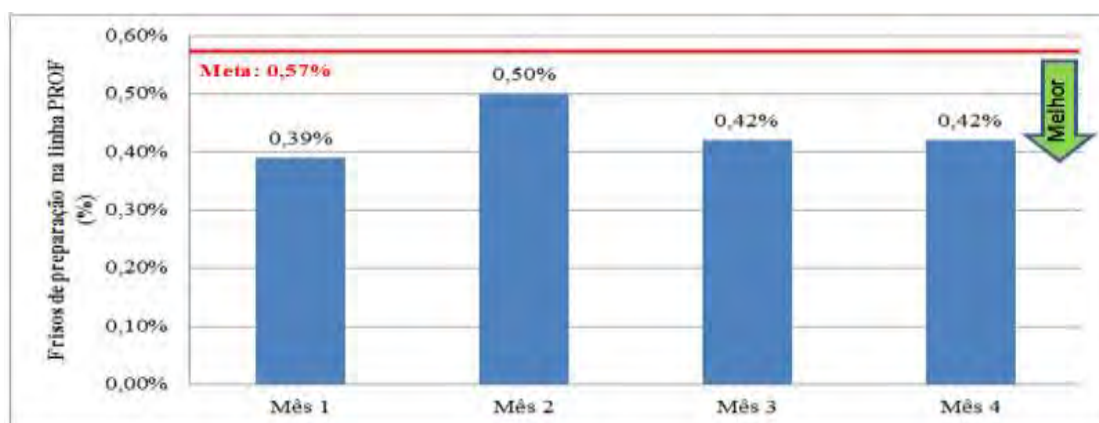


GRÁFICO 3: Friso de preparação na linha profissional após implantação da MCA

### 3.1.6.6 Padronização das ações de sucesso

Para garantir a continuidade das ações de melhoria foram elaborados e/ou revisados procedimentos para a realização de algumas atividades como: retirada de peças, formação de rolo gigante, revisão de tecido cru, costura, ajuste de kf, alinhamento de carro, enrolamento de tecido e limpeza.

### 3.1.6.7 Realização de auditorias

A fim de monitorar o desempenho da MCA e o cumprimento das ações propostas, foi elaborada uma lista de verificação que é utilizada como instrumento para realização, mensal, de auditorias. A responsabilidade pela realização das auditorias é da chefia imediata. Os resultados da auditoria são discutidos com os envolvidos (operadores, chefes e supervisores) em reuniões mensais de análise crítica e disponibilizados em quadros de gestão à vista.

## 4. Conclusão

Após a elaboração e implantação da MCA pode-se concluir que o envolvimento do nível operacional nos projetos de melhoria pode contribuir realmente para que as metas

propostas sejam atingidas, pois os operadores são os maiores conhecedores das limitações do processo e das máquinas em que trabalham. Tanto é que os resultados obtidos com a aplicação da MCA validaram a metodologia proposta.

Concluiu-se também que a participação ativa dos operadores proporcionou condições de motivação para que eles estivessem à vontade para expor suas ideias e pontos de vista, criando um ambiente favorável ao comprometimento com os resultados do processo em que eles estão inseridos, fazendo também com que eles percebessem a sua importância dentro da empresa. Além disso, a MCA contribuiu para melhoria da disseminação de informações e da integração entre os operadores do mesmo turno e de turnos de trabalho diferentes.

Espera-se, também, que a participação ativa dos operadores possa garantir a manutenção das ações implementadas.

Por fim, em função dos resultados alcançados, a empresa decidiu dar continuidade à aplicação da MCA fazendo valer o conceito de metodologia de melhoria contínua e ambulante, ou seja, que ela percorra outros processos à medida que as metas de melhoria do processo anteriormente aplicado sejam alcançadas.

## Referências

- CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. 8ª ed. Nova Lima - MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- FERREIRA, A. S. M. *Preparação do sistema produtivo para a filosofia Kaizen*. 2008. 106 f. Monografia (Trabalho de conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- FREITAS, F. V. M. *Estudo sobre a aplicação da metodologia MASP em uma empresa transformadora de termoplásticos*. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Produção ênfase Plástico) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.
- GARLET, E. *Identificação e análise das práticas de CCQ em uma empresa de agronegócios*. 2012. 68 f. Monografia (Trabalho de Curso de Engenharia de Produção), Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2012.
- IMAI, M. *Gemba-Kaizen: estratégia e técnicas do Kaizen no piso de fábrica*. São Paulo: Instituto IMAM, 1996 apud SILVA, G.; HORNBURG, S.; TUBINO, D.; ROMING, M. ANDRADE, G. *Manufatura Enxuta, Gemba Kaizen e TRF: Uma aplicação prática no setor têxtil*. In: ENEGEP, Rio de Janeiro, 2008.
- MASLOW, A. H. *Motivation and Personality*. 2ª ed. Harper & Row Publishers, New York, 1970, 369 p apud CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)*. 8.ed. Nova Lima - MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- MOINHOS, C.; MATTIODA, R. A. *Círculos de controle de qualidade (CCQ) na indústria de autopeças*. In Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31, Belo Horizonte. Anais. Minas Gerais: ENEGEP 2011.
- SCOTELANO, L. S. *Aplicação da filosofia Kaizen e uma investigação sobre a sua difusão em uma empresa automobilística*. Revista FAE, Curitiba, v.10, n.2, p.165-177, jul./dez. 2007.
- SILVA, G.; HORNBURG, S.; TUBINO, D.; ROMING, M. ANDRADE, G. *Manufatura Enxuta, Gemba Kaizen e TRF: Uma aplicação prática no setor têxtil*. In: ENEGEP, Rio de Janeiro, 2008.
- SHINGO, S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Translated by Andrew Oillon. Stamford: Productivity Press, 1985 apud SCOTELANO, L. S. *Aplicação da filosofia Kaizen e uma investigação sobre a sua difusão em uma empresa automobilística*. Revista FAE, Curitiba, v.10, n.2, p.165-177, jul./dez. 2007.
- SLACK, N.; CHAMBLERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2ªed. São Paulo: Atlas, 2002.
- WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos: TQC – Gestão da qualidade total – Série Ferramentas da Qualidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1995.



## Redução do índice de reprovação de nuança da cor de tecidos acabados

Débora Esteves Rodrigues<sup>1</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>2</sup>

Jeferson Laporais da Silva<sup>3</sup>

Geraldo Nilton de Oliveira<sup>4</sup>

**Resumo:** A cor é uma característica determinante da qualidade do tecido, uma vez que o consumidor exige padronização das cores e resistência das mesmas ao uso. Para o mercado não é aceitável variação de cor dentro de um lote de tecido. A ocorrência de diferenças no padrão da cor dificulta o processo de fechamento de pedidos, gera reclamações de clientes e possíveis indenizações, além de afetar o processo produtivo, com atividades de reprocesso, retrabalho e geração de retalhos. Buscando resolver o problema de reprovação de nuança dos tecidos acabados, numa indústria têxtil de grande porte, foi realizado um trabalho de melhoria para levantar causas relativas às possíveis irregularidades no processo de tingimento, tais como erros nas receitas dos banhos de corantes e na pesagem dos mesmos, ineficiência no controle de temperatura do processo de tingimento e falta de informação. Para bloqueio destas causas foram implementadas ações de melhoria quanto a procedimentos operacionais, produto e processo, possibilitando a redução do índice de reprovação de nuança em 45% e, conseqüentemente, a produção de tecidos acabados com características uniformes no que diz respeito à cor.

**Palavras-chave:** Nuança. Tecidos. Qualidade. Tingimento.

1. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, deboraer@msn.com.

2. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

3. Engenheiro Industrial Mecânico, Universidade de Itaúna, jeferson.laporais@gmail.com.

4. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, professor@geraldonilton.com.

### 1. Introdução

Conhecer a cor e avaliá-la é de suma importância para que a empresa conquiste clientes e se torne competitiva no mercado. A cor é um requisito do produto que exige qualidade, por isso é importante adotar um sistema de avaliação capaz de controlar suas características, atendendo às normas de qualidade e às especificações dos consumidores.

A cor é uma característica do produto com um alto índice de exigência por parte do consumidor. Não é aceitável a variação de cor dentro de um lote de tecido, uma vez que o tecido de qualidade é aquele que é isento de defeitos e que apresenta uniformidade em toda a sua estrutura. A variabilidade da nuança da cor é considerada um ponto crítico para a produção de tecidos, pois a sua ocorrência gera vários prejuízos, tanto ao processo de produção quanto ao atendimento ao cliente. No processo de produção há perdas de qualidade e produtividade através da geração de retalhos e necessidade de reprocesso. O atendimento ao

cliente também é prejudicado, pois a variação de cor no tecido dificulta o fechamento de pedidos, além de elevar o risco de envio de produtos incompatíveis às especificações dos clientes, gerando reclamações e até mesmo indenizações a serem pagas ao consumidor.

Para mitigar as causas do problema de dispersão de nuance é realizado um projeto de melhoria, onde são levantadas várias hipóteses, como possíveis irregularidades no processo de tingimento, ineficiência no processo de medição e avaliação da cor, erros nas receitas dos banhos de corantes e na pesagem dos mesmos.

Atuando a partir de cada hipótese levantada é possível evidenciar as falhas existentes em todas as etapas que envolvem, direta e indiretamente, o processo de tingimento, o principal processo relacionado à cor do tecido. O objetivo é identificar as causas de cada falha, e prover recursos capazes de eliminar cada uma delas. Ao eximir cada ponto crítico identificado minimiza-se a possibilidade de ocorrência do problema de variabilidade de nuance.

## 2. Metodologia

Foi realizada pesquisa aplicada no processo de tingimento de tecidos. Através do conhecimento de conceitos relacionados ao processo estudado, levantamento de dados históricos, adoção de técnicas e ferramentas estatísticas e também da atuação direta no processo, buscou-se eliminar as causas da reprovação de nuance da cor.

É uma pesquisa explicativa que buscou, através do levantamento de hipóteses e atuação em cada uma delas, identificar as causas de cada falha evidenciada para nortear as ações de melhoria para o processo estudado.

O procedimento técnico adotado para a execução do trabalho foi o estudo de caso. Houve levantamento das características e parâmetros de funcionamento e operação dos processos envolvidos, para geração de conhecimento. Procurou-se solucionar um problema coletivo, ou seja, de interesse comum a vários setores da organização, pois afeta os resultados tanto de produtividade como de vendas, afetando diretamente a imagem da empresa no mercado. Para isso estruturou-se uma equipe multifuncional, capaz de atuar diretamente no processo, com o objetivo comum de melhorar os resultados através da eliminação das causas de reprovação de nuance.

Para tanto, foi realizado *brainstorming* buscando evidenciar as causas potenciais e organizar possíveis ações de melhoria. Foi estruturado também o modo de atuação, através de planos de ação, seguindo os passos do ciclo PDCA (*plan, do, check, action*).

Os dados foram coletados no sistema de gestão da empresa, a partir das informações mantidas como histórico do processo. A análise foi realizada através da elaboração de gráficos, facilitando a tomada de decisão e orientando o início do estudo e também da atuação direta no processo.

## 3. A cor como fator determinante da qualidade do tingimento do tecido

### 3.1 Características das cores

As cores quando classificadas podem ser divididas em três elementos primários: tonalidade (*hue*), luminosidade (*value*) e saturação (*chroma*).

A tonalidade é o atributo pelo qual se identificam as cores, ou seja, o vermelho, azul,



verde, amarelo e suas respectivas misturas. A luminosidade diferencia a cor entre clara e escura. A saturação é o atributo que define a intensidade, distinguindo as cores por cores “vivas” ou cores “foscas” (TECNOCOR, 2003).

Os três elementos – tonalidade, luminosidade e saturação – são as três características da cor, e podem ser visualizados em três dimensões como é mostrado na FIGURA 1. As tonalidades das cores encontram-se na parte exterior ao redor do eixo central, com a luminosidade formando o eixo vertical e a saturação o eixo horizontal a partir do centro. Se os três atributos fossem realmente combinados em um sistema tridimensional, eles apareceriam como um sólido de cor.

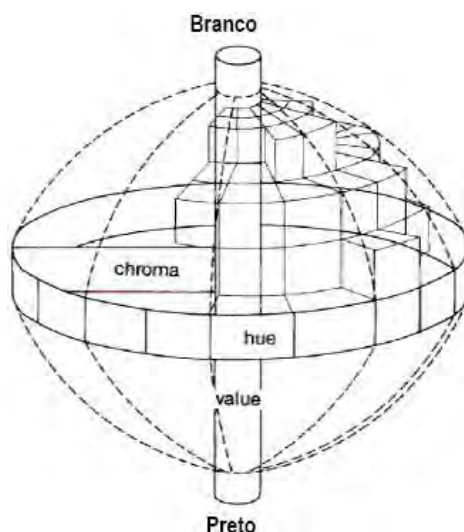


FIGURA 1 – Sistema 3D das cores. Fonte: Ladchumananandasivam (2004).

### 3.2 Sistema de medição de cores

No decorrer dos anos foram desenvolvidas maneiras para identificar as cores de modo a facilitar a identificação das diferenças existentes entre elas. Foram desenvolvidas numerosas equações matemáticas no sentido de criar sistemas de coordenadas, procurando definir espaços colorimétricos equidistantes (SALEM, 200-?). Através das coordenadas colorimétricas qualquer cor pode ser localizada em um espaço de cor.

O espaço CIELCH é um espaço de coordenadas polares, composto pela coordenada luminosidade (L), a coordenada C, definida como saturação e o  $H^\circ$ , que é o ângulo que define a tonalidade (TECNOCOR, 2003). A luminosidade, representada pela coordenada L, é uma medida subjetiva, de percepção visual, onde uma área pode ser vista com variações de brilho em relação a um padrão, podendo dizer que ocorre a emissão de mais ou menos luz.

Para a definição da coordenada de tonalidade, pode-se descrever o espaço graficamente. Considerando o ângulo  $0^\circ$  tem-se a cor vermelha. No ângulo de  $90^\circ$  encontra-se o amarelo, no ângulo de  $180^\circ$  encontra-se o verde e o ângulo de  $270^\circ$  corresponde à cor azul. Através da especificação angular do tom é possível realizar a comparação entre padrão e amostra, verificando se as duas partes possuem a mesma tonalidade (TECNOCOLOR, 2003).

A saturação, indicada pela coordenada C, é definida como a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor. “No centro do espaço LCH, estão os valores mínimos de saturação, e à medida que se caminha para as extremidades aumenta-se o valor de saturação”

(TECNOCOR, 2003). A característica que influencia a saturação é a concentração do elemento corante.

### **3.3 Padronização do sistema de medição**

A reprodução ou igualação de uma cor deve ser realizada em conformidade com padrões estabelecidos, para que uma melhor e mais eficaz avaliação possa ser efetuada. Para que ocorra a reprodução da cor é necessário que o acerto de cor seja feito sob idênticas fontes de luz (TECNOCOR, 2003).

Uma fonte utilizada para a avaliação de cores são os padrões de cores, criados para efeito de comparação com a cor desenvolvida. Para a área têxtil, a forma de apresentação desses padrões é a coleção pantone, especificamente chamada de selecionador têxtil de cores/algodão, contendo cerca de 1000 cores tingidas em pedaços de tecidos de algodão de 2,0 cm por 4,5 cm (RÉGULA, 2004).

A criação de padrões para a avaliação das cores é uma etapa importante que se inicia a partir do desenvolvimento da cor. Esses padrões devem representar a cor consistentemente e com precisão em todos os estágios de criação da cor, desde o seu desenvolvimento, produção, até a comercialização.

### **3.4 Instrumentos para a medição de cores**

A avaliação de cor constitui um fator importante para a manutenção da qualidade de produtos já fabricados e para o desenvolvimento de novos. Esse aspecto é determinante na aceitação dos consumidores, que estão cada vez mais exigentes.

Sendo assim, criou-se um instrumento que permite a expressão precisa das cores e a comparação entre elas, o colorímetro (TECNOCOR, 2003). Os colorímetros usam sensores que simulam o modo como o olho humano vê a cor e quantificam as diferenças de cor entre um padrão e a amostra. Para isso, são utilizadas as mesmas fontes de luz, para que as condições de mensuração nunca mudem. Quando uma cor é classificada ela é expressa em termos de nuance, brilho e saturação. Ao se criar escala para esses três fatores torna-se possível medir a cor numericamente (TECNOCOR, 2003).

O espectrofotômetro, um tipo de colorímetro utilizado na indústria têxtil, é um equipamento que mede a transmitância e refletância de uma superfície ou amostra em função do comprimento de onda (RÉGULA, 2004, p. 28). Ele fornece o comprimento de onda de cada unidade da energia radiante de todo espectro visível e os dados da energia espectral são usados, através dos princípios de sistemas de medição de cores, como o LCH, para calcular os valores de nuance, brilho e saturação de uma cor (TECNOCOR, 2003).

### **3.5 Indicações para um melhor controle de cor**

Para que os resultados positivos da avaliação de cor sejam alcançados, é preciso – conforme descrito no manual de colorimetria da Tecnocor (2003) – que se tomem os seguintes cuidados durante as atividades relacionadas à avaliação de cor:

a) Estabelecer um padrão de cor confiável, uniforme e representativo, de modo a não permitir inconsistências na especificação da cor.

b) Conhecer os desvios de cor do processo produtivo, e a partir dessas informações, discutir com todos os envolvidos sobre suas limitações e como melhorar o range de



aprovação.

c) Fazer avaliações visuais sempre com iluminação padronizada, adotando a utilização de cabines apropriadas, ou pelo menos lâmpadas com vida útil controlada.

d) Atentar aos cuidados que devem ser tomados em relação à manipulação dos padrões, guardando-os em lugares secos, escuros e frios, para que não sejam danificados.

e) Garantir que as medições instrumentais sejam bem avaliadas e compreendidas, realizadas por operadores e/ou técnicos que conheçam os conceitos das linguagens colorimétricas e saibam interpretá-las.

f) Criar tolerância real para cada cor, representando o que pode ser produzido consistentemente em grandes quantidades e evitando rigidez maior nos limites de tolerância do que os estabelecidos pelo cliente.

g) Calibrar os instrumentos de medição diariamente e mantê-los em perfeitas condições.

h) Distinguir o que é cor (aspecto da aparência de um produto) e o que é aparência (também inclui brilho, textura e fundo).

i) Treinar e avaliar as equipes, melhorando as habilidades no gerenciamento de cores.

j) Padronizar o método de coleta de amostras e a maneira de utilização e apresentação das mesmas.

### **3.6 Controle de qualidade nos tingimentos**

“Tingimentos são considerados desiguais ou não uniformes quando o substrato não apresenta mesma tonalidade e intensidade em toda sua extensão” (SALEM, 200-?, p. 53). Os defeitos que podem surgir são:

a) Manchas.

b) Desigualização entre ourelas e centro (entre a largura do tecido).

c) Barras.

d) Depósitos devido à má dispersão.

e) Tingimentos inquietos (variações de cor).

f) Diferenças entre início e fim de rolo (“tailing/degradé”).

g) Aspecto escorrido, etc.

Diversas variáveis contribuem para a ocorrência de desigualdades de cor no tingimento. A preparação de tecidos inadequada, envolvendo tanto processo como produtos de preparação, gera problemas no tingimento. Na etapa do beneficiamento têxtil denominada preparação, elimina-se a impureza das fibras e melhora-se a estrutura do tecido para facilitar as etapas posteriores, como o tingimento. Portanto, se não houver um controle minucioso nessa etapa pode gerar grande influência nos resultados das etapas subsequentes, como defeitos de tingimento (SALEM, 200-?, p. 54).

Processos de tingimentos inadequados também influenciam negativamente no resultado. Condições não corretas de composição da água, pH, velocidade de aquecimento,

temperatura e produtos utilizados também são variáveis críticas para o aparecimento de defeitos no tecido. Tricomas, ou seja, conjunto de corantes para a formação da cor, devem estar com componentes compatíveis; caso contrário, também gera problemas na obtenção da cor. Deve-se também realizar manutenções preventivas nas máquinas de tingimento, a fim de se evitar deficiências nos componentes das instalações (SALEM, 200-?, p. 54).

Para evitar o aparecimento de defeitos, três parâmetros devem ser observados no controle de qualidade do tingimento: a reprodutibilidade, a igualização e a solidez da cor. A reprodutibilidade da cor deve ser controlada por técnicas colorimétricas, avaliando-se a intensidade, tonalidade e pureza. A igualização dos tingimentos é de primordial importância, pois não é aceitável variação de cor ao longo do tecido. A solidez é o grau de tolerância do tingimento contra diversas formas de influência a que são expostos os substratos têxteis durante o processo de beneficiamento ou o uso. Os artigos têxteis após o tingimento passam por processos posteriores e é evidente que as cores não podem sofrer alterações durante estes processos. É importante que o tecido tenha solidez ao uso, para que a cor não sofra alterações à exposição à luz, a diversas lavagens, ao contato com o suor, etc. (SALEM, 200-?, p. 62).

#### 4. Reduzindo a reprovação de nuança da cor do tecido

##### 4.1 Contextualizando o problema

Através dos resultados de medições realizadas no espectrofotômetro foi possível estabelecer classificações para a nuança da cor medida. Baseado em padrões pré-definidos o espectrofotômetro forneceu vários valores depois de efetuada a medição no tecido, como os deltas LCH, por exemplo. Estabelecendo um limite entre os valores apresentados para cada delta foi possível atribuir uma classificação específica para auxiliar na avaliação da cor.

O tipo de classificação de nuanças adotado neste estudo pode ser visualizado na FIGURA 2, onde estão delimitados os valores correspondentes a cada número da classificação de nuanças. A melhor classificação é a representada pelo número 5 e quanto mais se caminha para os extremos – 1 e 9 – pior é o resultado da medição. Essa classificação depende do resultado de cada delta – LCH. Nesta figura observam-se os limites definidos para a classificação de nuança a partir dos valores de cada delta.



FIGURA 2 – Definição da classificação de nuanças a partir dos valores de delta do sistema CIELCH.

A partir deste conceito de classificação de nuanças adota-se um limite para aprovação das nuanças medidas nos tecidos. A cor é considerada aprovada quando recebe a classificação





4, 5 ou 6. A classificação 2, 3, 7 ou 8 se refere a uma cor fora de faixa, ou seja, não possui os padrões desejados de qualidade, mas os tecidos podem ser faturados de forma direcionada. Se a classificação obtida for 1 ou 9 considera-se como fora de tabela, ou seja, a cor do tecido é reprovada.

O problema se refere ao índice de nuança fora de tabela das linhas de tecido profissional e vestuário. Esse índice encontrava-se acima da meta estabelecida pela empresa. Ocorria ainda a dispersão dos resultados aprovados e fora de faixa, ocasionando também problemas relacionados a não atendimento a clientes, dificuldades para se fechar pedidos, retalho, reprocesso, reclamações de clientes, devoluções e indenizações.

A principal hipótese que foi testada era que a nuança do tecido tinto seria a mesma medida no tecido acabado. Isso quer dizer que todos os testes e trabalhos feitos durante o processo de tingimento resultariam em uma nuança que deveria ser mantida após todos os processos de acabamento do tecido. Isto é, o resultado de nuança do tecido acabado deve ser igual ao obtido no tingimento.

Através da análise de dados históricos percebeu-se que a variabilidade ocorrida no tingimento determinava o resultado obtido no tecido acabado conforme pode ser observado nos GRÁFICOS 1 e 2. Então, concluiu-se que o principal ponto de interferência nos resultados de nuança é o processo de tingimento. Com isso, as ações executadas inicialmente para a redução do índice de reprovação de nuança foram voltadas para avaliações e aplicações de melhoria no processo de tingimento e nas atividades relacionadas a ele.

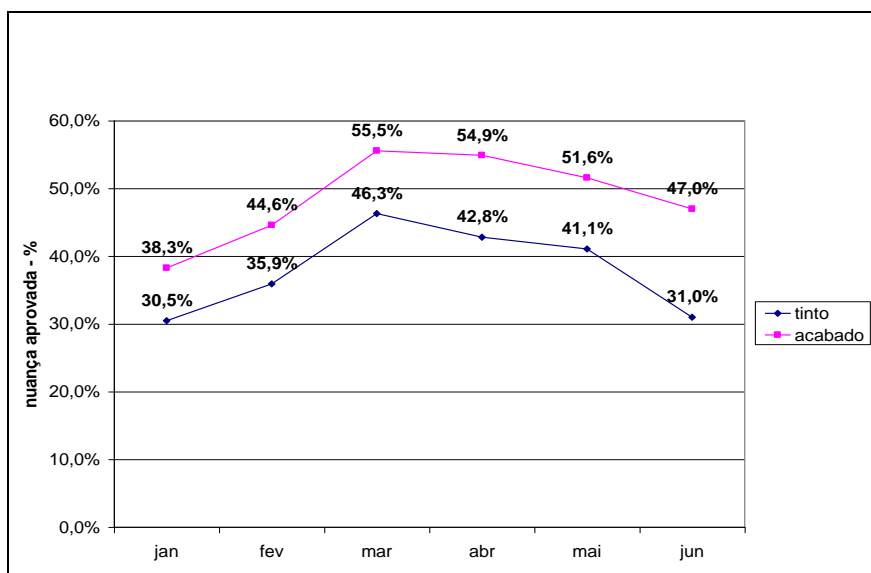


GRÁFICO 1 – Resultados de nuança aprovada da linha profissional. Fonte: Dados históricos da empresa.

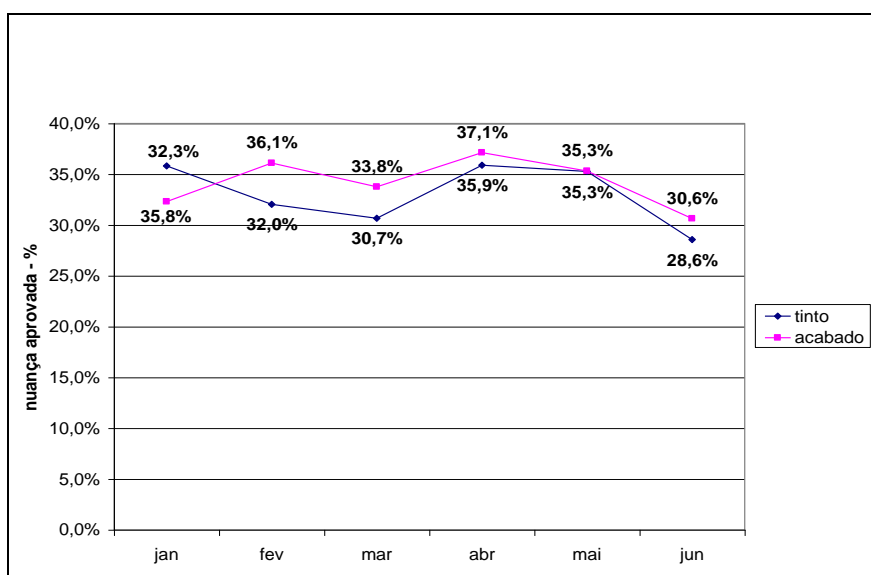


GRÁFICO 2 – Resultados de nuança aprovada da linha vestuário. Fonte: Dados históricos da empresa.

#### 4.2 Histórico do problema

A variação de nuança dos tecidos, como dito anteriormente, gera vários problemas e dificuldades para a empresa. Acontecem situações de não atendimento ao cliente devido à dificuldade de organizar o fechamento de pedidos; e o envio ao cliente de tecidos com classificações de nuança diferentes, gerando reclamações e até mesmo indenizações a serem pagas pela empresa. Além disso, ocorrem também perdas na produção, como redução dos níveis de qualidade e produtividade, através da geração de retalhos e reprocessos.

Ao se fazer o levantamento dos resultados de nuança dos tecidos produzidos na empresa, obteve-se o índice de aprovação de nuança dos tecidos das duas linhas de produtos – profissional e vestuário. Este índice pode ser observado nos GRÁFICOS 1 e 2 para os tecidos tintos e acabados das linhas profissional e vestuário, respectivamente.

Observa-se, no GRÁFICO 1, que em média 48,6% dos resultados de nuanças dos tecidos avaliados foram aprovados, o que significa que em média 51,4% dos resultados encontravam-se fora de faixa e reprovados. Já no GRÁFICO 2 percebe-se que o índice de aprovação da nuança dos tecidos da linha vestuário se encontravam na média de 34,2%, o que indica que em média 65,8% dos resultados de nuança encontravam-se fora de faixa e reprovados.

Portanto, verificou-se que os resultados dos tecidos da linha vestuário encontravam-se piores do que os da linha profissional. Neste sentido o foco desta pesquisa foi direcionado para a melhoria dos resultados de nuança reprovados dos tecidos da linha vestuário, cujo índice, no mês de junho, foi de 13,0%.

#### 4.3 Análise do processo de tingimento e ações de melhoria

Através da análise do problema, conclui-se que o processo de tingimento constitui o fator principal para atuação imediata da equipe do trabalho de redução do índice de reprovação de nuança. Inicialmente foram feitas análise e avaliação de todas as etapas do processo de tingimento, incluindo avaliação do tecido, análise das cores, análise dos álcalis,

manutenção do equipamento de tingimento, gestão à vista e pesagem dos corantes.

#### **4.3.1 Avaliação do tecido**

A primeira etapa do trabalho foi a avaliação do tecido utilizado na produção. Nesta etapa foi feito o acompanhamento de tecidos de diferentes origens, ou seja, tecidos advindos de diversas unidades fabris da empresa estudada. Neste caso avaliou-se se a diferença entre unidades fabris do tecido interfere nos resultados de qualidade do mesmo. Foi escolhido um tecido comum às unidades, sendo acompanhada a produção de amostras nas possíveis combinações de unidade fabril e máquina do processo de preparação do tecido.

O tecido da linha vestuário foi processado no fluxo normal de produção, passando pelo processo de tingimento até o acabamento final. Avaliando os resultados obtidos, concluiu-se que a diferença entre unidades não é fator de interferência nos resultados de qualidade do tecido.

#### **4.3.2 Análise das cores**

Um ponto importante analisado foi em relação às cores utilizadas no processo de tingimento. Foi realizado o levantamento das cores e os respectivos resultados na produção para priorizar as cores críticas.

Com os dados relativos à luminosidade, saturação e tonalidade levantados, cada cor foi avaliada através de gráficos, definindo quais são as cores que necessitavam de ações imediatas. Deste ponto em diante, foram realizadas avaliações nas receitas, nos produtos utilizados e no tingimento de determinada cor, buscando definir as causas da reprovação de nuance nestas cores críticas.

As cores críticas, em função da necessidade de ação imediata, foram direcionadas ao laboratório de colorimetria para que as variações nos resultados das nuances medidas fossem acertadas. Assim os técnicos coloristas fizeram alterações nas receitas das cores, modificando as quantidades de corantes, além de utilizar corantes menos sensíveis às variações do processo, buscando-se obter a nuance da cor de acordo com o padrão estabelecido.

#### **4.3.3 Análise dos álcalis**

Um fator preponderante no processo de tingimento são os chamados álcalis – produtos auxiliares do banho de tingimento (soda e silicato de sódio). A concentração do álcali utilizada no banho de tingimento depende da característica da cor utilizada. Quanto mais escura é a cor, maior é a concentração de álcali utilizada no banho de tingimento. Essa concentração de álcali, proporcional à característica da cor, deve ser cumprida, uma vez que sua utilização incorreta modifica a cor.

Foi realizado um teste no laboratório para simular o efeito da variação da concentração de álcali em uma determinada cor. Os experimentos de variação da concentração de álcali foram realizados em uma cor clara, para a qual foi definida a utilização de um álcali de concentração mais fraca (4,5 ml/l). Neste caso foram produzidas amostras de tecido em uma cor específica, sendo utilizado para cada amostra um álcali com concentração diferenciada.

Notou-se que após utilizar um álcali mais concentrado, alterou-se significativamente o resultado da luminosidade da cor, concluindo, portanto, que a concentração do álcali interfere no resultado da cor. Com isso, foi confirmada a importância de se cumprir rigorosamente o

padrão de concentração de álcali para cores determinadas.

Com base nessa conclusão, fez-se necessário um acompanhamento direto no processo de tingimento para verificar se a concentração de álcali estava sendo utilizada da maneira correta. Percebeu-se que não havia um controle rígido sobre a utilização do álcali. As receitas de cores que são passadas aos operadores de tingimento contêm especificações da concentração do álcali a ser utilizado. Entretanto, para economizar tempo, o operador não trocava o álcali se o volume necessário para atender à programação vigente fosse pequeno. Então, cores que deveriam utilizar concentração maior de álcali eram processadas com concentração inferior para aproveitar a solução de álcali que já estava pronta.

A partir de tais observações, foi implementada uma ação corretiva para evitar o erro na utilização do álcali. Essa ação consistiu em trocar a programação atual que é baseada nas cores a serem processadas – realizada a partir do gradiente da cor – pela programação em função do álcali. A programação, a partir de então, deve ser feita seguindo-se a ordem de cores que utilizam álcali de concentração maior para cores que utilizam álcali de concentração menor. Com essa ação foi eliminada uma das causas que contribuiu para a variação de nuance.

#### **4.3.4 Gestão à vista**

Verificou-se a necessidade de se realizar melhorias no sistema de gestão à vista utilizado no setor de tingimento, como meio informativo, buscando-se evitar erros operacionais. Para isso todas as normas foram revisadas e os parâmetros de processo foram modificados quando necessário. As alterações foram disponibilizadas no sistema computacional utilizado pela empresa e também em meio físico, em tabelas localizadas próximo aos equipamentos do processo de tingimento.

Os limites de especificação de cada característica da cor definida no sistema de medição – LCH – necessários à liberação de cor também foram formalizados. Os limites foram informados aos responsáveis pelo processo de tingimento para utilização e controle.

Com estas ações foi possível melhorar o acesso dos operadores aos parâmetros de processo do tecido no tingimento e à regulação correta dos equipamentos e garantir a eficiência na correção de receitas ou na avaliação das nuances de tingimento.

#### **4.3.5 Pesagem de corantes**

Foi realizado um acompanhamento da pesagem de corantes no setor de cozinha de tinta com o objetivo de evidenciar todas as atividades relativas à pesagem. Neste setor é realizada a preparação do banho de tingimento utilizado no processo que constitui numa atividade de precisão e que exige muita disciplina e atenção por parte dos operadores uma vez que, se houver quantidades superiores ou inferiores de quaisquer produtos, a cor torna-se diferente em relação ao padrão.

O acompanhamento desta atividade foi realizado em diversos momentos, sendo verificado que a maioria das receitas eram preparadas de maneira manual devido à baixa disponibilidade do sistema automático, por falta de manutenção; e à falta de comprometimento dos operadores, que realizavam a pesagem de maneira manual para diminuir o tempo da atividade.

O modo automático utilizado na pesagem consiste num dispositivo acoplado à balança que não permite a pesagem de quantidade de corantes diferente da especificada na receita



cadastrada no sistema. O sistema impede que nova pesagem seja efetuada até que o valor pesado coincida com o valor da receita cadastrada. Este dispositivo evita a ocorrência de divergências entre o valor real e o valor especificado das quantidades de corantes.

Para solucionar o problema da baixa disponibilidade do sistema automático foi realizada a atualização do *software* de controle de pesagem, de forma a evitar erros de comunicação entre balança e software. Também foi criado um plano de manutenção específico para evitar futuras falhas. Foi realizado ainda um trabalho de conscientização e treinamento dos operadores, ratificando a importância da pesagem automática para a garantia da eficácia da atividade de pesagem dos corantes, como fator primordial para a obtenção da nuança ideal da cor produzida. Com isso, reduziu-se o percentual de pesagem manual de 62% para 7%, eliminando assim um modo de falha que contribuiu para a reprovação de cores.

#### 4.3.6 Manutenção do equipamento de tingimento

Um ponto importante no desenvolvimento do trabalho foi verificar as condições de operação do equipamento de tingimento com o objetivo de identificar possíveis deficiências. Juntamente com membros da equipe de manutenção da empresa, realizou-se uma inspeção em cada componente do equipamento de tingimento. Foi verificado que a haste do termômetro não possuía dimensão adequada para identificar precisamente a temperatura utilizada no processo. Com isso, a temperatura não estava sendo controlada corretamente, gerando riscos de variações no processo, e conseqüentemente, variação nos resultados das cores. A solução foi substituir o termômetro por outro com dimensões adequadas.

Posteriormente foi realizado um acompanhamento para verificar a eficácia da alteração efetuada no componente buscando garantir a correta medição da temperatura e o controle eficiente deste parâmetro que é fundamental para os resultados do processo.

### 5. Demonstração dos resultados obtidos

Todas as atividades desenvolvidas contribuíram para a eliminação de problemas ligados ao processo de tingimento. As melhorias implementadas possibilitaram redução significativa do índice de nuança reprovada conforme indicado no GRÁFICO 3.

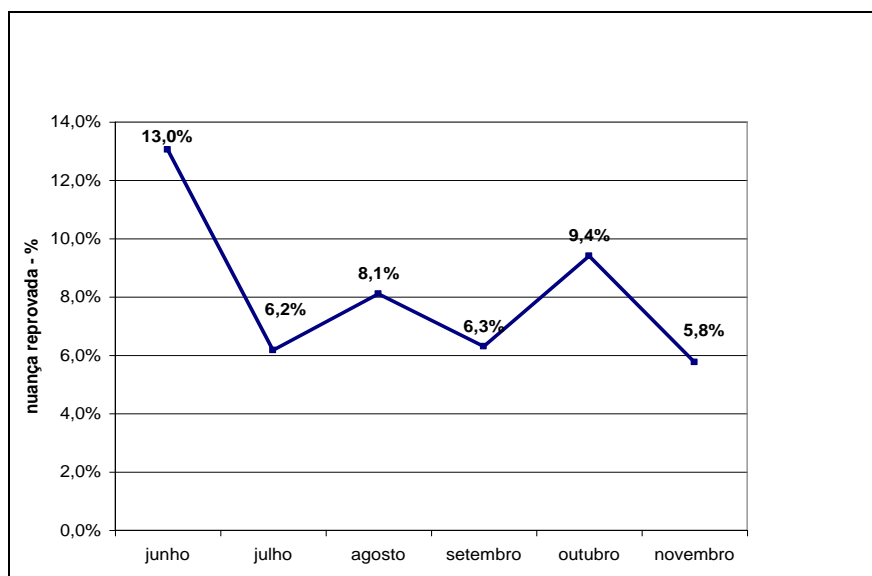


GRÁFICO 3 – Resultados de nuança reprovada da linha vestuário.

Observa-se neste gráfico redução de 45% no índice de reprovação de nuança quando se compara o valor do obtido antes da realização do trabalho (junho) e o valor médio obtido após a realização do trabalho (julho a outubro).

## 6. Conclusão

Todas as ações de melhoria executadas relativas a procedimentos operacionais, produto e processo foram essenciais para o alcance de resultados positivos, melhoria da eficiência e qualidade do processo de tingimento e garantia de produção de tecidos com características uniformes, no que diz respeito à cor.

Neste sentido destacam-se alguns resultados provenientes da implementação das melhorias propostas no trabalho como:

- a) Maior estabilidade das características do tecido acabado, uma vez que a variação das nuanças das cores é minimizada.
- b) Menor risco de troca de álcalis, garantindo a correta aplicação dos produtos e a integridade da característica da cor.
- c) Maior controle na elaboração das receitas.
- d) Maior precisão na pesagem de corantes.
- e) Maior estabilidade das características do processo.
- f) Melhor acesso às informações para regulação dos equipamentos.

## Referências

- LADCHUMANANANDASIVAM, R. Ciência da cor. In: *Série Processos Químicos Têxteis*, vol. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Têxtil. Natal, 2004. Disponível em: <<http://clovisbezerra.tripod.com/materiais-didaticos/proqui-ii/ciencia-da-cor.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2009.
- RÉGULA, L. M. *Padrões Virtuais e Tolerâncias Colorimétricas no Controle Instrumental das Cores*. 2004. 223 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia)-Programa de Pós-Graduação em Metrologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4944@1](http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4944@1)>. Acesso em: 09 set. 2009.
- SALEM, V. *Curso de tingimento têxtil*. Golden Química do Brasil. Elaboração de VS Produção e Treinamento. [s.l.]: Módulo 1, [200-?].
- TECNOCOR SERVIÇOS. *Curso sobre aplicações em colorimetria e aparência na indústria*. Elaboração de Celso Farkas. [s.l.], 2003.

## **Análise da repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados de ensaio de cores de tecidos tintos**

**Leigiane Mara de Sousa Santos<sup>1</sup>**

**Gilson Marques Pinheiro<sup>2</sup>**

**Jeferson Laporais da Silva<sup>3</sup>**

**Resumo:** Este artigo descreve sobre a importância da utilização de ferramentas estatísticas para analisar e avaliar a capacidade do sistema de medição e a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios de cores em tecidos tintos. O estudo objetivou comprovar a hipótese de que o elevado índice de reprovação de cor dos tecidos tintos é devido à baixa confiabilidade dos resultados obtidos em laboratório. Estes não representando a realidade dos fatos podem fazer com que tecidos a princípio aprovados sejam reprovados. Percebeu-se que as causas da baixa confiabilidade do sistema de medição são constituídas principalmente pela falta de padronização dos procedimentos e falta de conhecimento técnico dos analistas resultando numa relação P/T muito acima do valor desejado que é de 30%. Para tratamento destas causas foram implementadas ações de melhorias como análise e revisão dos procedimentos, treinamento dos analistas e inclusão de nova máquina no processo.

**Palavras-chave:** Análise de medição. Repetibilidade e reprodutibilidade. Indústria têxtil.

1. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, leigianems@gmail.com.

2. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.

3. Engenheiro Industrial Mecânico, Universidade de Itaúna, jeferson.laporais@gmail.com.

### **1. Introdução**

Para uma empresa se manter competitiva no mercado é necessário disponibilizar produtos de qualidade que atendam as expectativas dos clientes. No caso da indústria têxtil, como vários outros fatores, a cor do tecido é um requisito que influencia na qualidade do produto, portanto esta deve ser controlada e avaliada de forma adequada.

Neste sentido, este artigo descreve sobre a necessidade e importância de melhoria da confiabilidade dos resultados obtidos em ensaios de cores de tecidos realizados no laboratório químico de uma indústria têxtil para aumentar a assertividade das ações no processo de tingimento.

Para tanto, como forma de melhoria daquela confiabilidade, foi realizada análise do sistema de medição de cores através do estudo de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R), utilizando ferramentas estatísticas e da qualidade.

### **2. Metodologia**

O método utilizado nesta pesquisa foi o estudo de R&R, uma vez que “para se tomar decisão no gerenciamento dos processos produtivos de uma empresa é necessário se basear em dados, que muitas vezes são resultantes da realização de medições” (WERKEMA, 2000,

p. 9). Um sistema de medição é o processo completo para se obter as medidas, sendo constituído pelo conjunto de operações, instrumentos de medição, dispositivos, *software* e pessoas, usados para atribuir um valor ao que está sendo medido (MONTGOMERY, 2004).

Para que haja controle efetivo das características de qualidade é preciso garantir que o sistema de medição seja confiável. Além de se ter um instrumento de medição perfeitamente calibrado é necessário também determinar a capacidade do sistema de medição (SM) e diferenciar a variabilidade da medida originada no objeto de medição daquela causada pelo sistema de medição (MONTGOMERY, 2004).

Segundo Werkema (2006) os principais fatores responsáveis pela variabilidade dos processos de medição são: instrumento de medição com desgaste; procedimentos de medição inadequados; avaliadores não treinados; aparelho de medição não calibrado e condições ambientais inadequadas como temperatura, umidade e iluminação.

“Quando a medição passa a ser visualizada como um processo sujeito à variabilidade e, portanto, há incertezas, é imediato perceber a necessidade da quantificação das fontes de variações associadas à medição” (WERKEMA, 2006, p. 15).

A variabilidade observada em mensurações será devida à soma da variabilidade do próprio produto e parte decorrerá da variabilidade do medidor, como indicado na Equação (1), “onde  $\sigma_{\text{total}}^2$  é a variabilidade total observada,  $\sigma_{\text{processo}}^2$  é a componente da variabilidade devida ao produto e  $\sigma_{\text{medidor}}^2$  é a variabilidade devida ao erro de mensuração” (MONTGOMERY, 2004, p. 237). Considera-se medidor ou sistema de medição o conjunto analista e instrumento / método de medição (MONTGOMERY, 2004).

$$\sigma_{\text{total}}^2 = \sigma_{\text{processo}}^2 + \sigma_{\text{medidor}}^2 \quad (1)$$

Considerando a variabilidade do medidor é possível fazer a avaliação dos dois componentes envolvidos na medição chamados de repetibilidade e reprodutibilidade ou estudo R&R, conforme demonstrado na Equação (2) (MONTGOMERY, 2004).

$$\sigma_{\text{medidor}}^2 = \sigma_{\text{repetibilidade}}^2 + \sigma_{\text{reprodutibilidade}}^2 \quad (2)$$

“A variabilidade, ou, a precisão do medidor, pode ser estimada através da Equação (3), onde  $d_2$  é um fator de correção, tabelado em função do número de vezes em que um mesmo item resultante do processo produtivo é medido e  $\bar{R}$  é a média das amplitudes” (WERKEMA, 2000, p. 26).

$$\sigma_{\text{repetibilidade}} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3)$$

Sendo assim, um método de análise de sistemas de medição comumente utilizado na indústria é estudo de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R).

Werkema (2000, p. 16) afirma que “repetibilidade de um instrumento de medição é a variação nas medidas obtidas quando um mesmo operador ou laboratório utiliza o instrumento para medir repetidas vezes a característica de interesse dos mesmos itens.” Pode se dizer então que repetibilidade é a variação dentro do sistema, pois as condições são as mesmas. A repetibilidade caracteriza o erro aleatório, devido a causas comuns, com distribuição normal dos resultados do SM como representado na FIGURA 1.



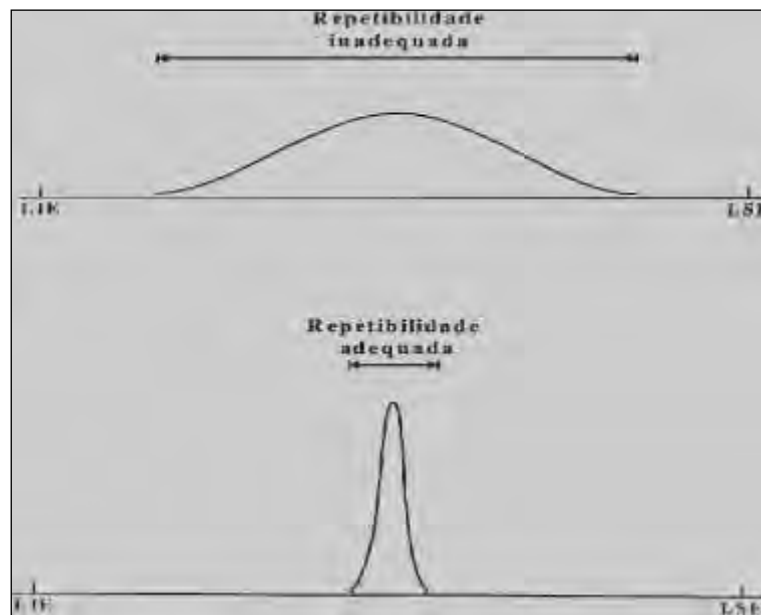


FIGURA 1: Repetibilidade. Fonte: Werkema (2000, p. 17).

“A reprodutibilidade de um sistema de medição é a variação na média das medidas obtidas quando diferentes operadores utilizam o mesmo instrumento para medir repetidas vezes a característica de interesse dos mesmos itens” (WERKEMA, 2000, p. 19). A reprodutibilidade tem a finalidade de estudar a variação das médias entre sistemas ou entre condições de medição, conforme mostra a FIGURA 2.

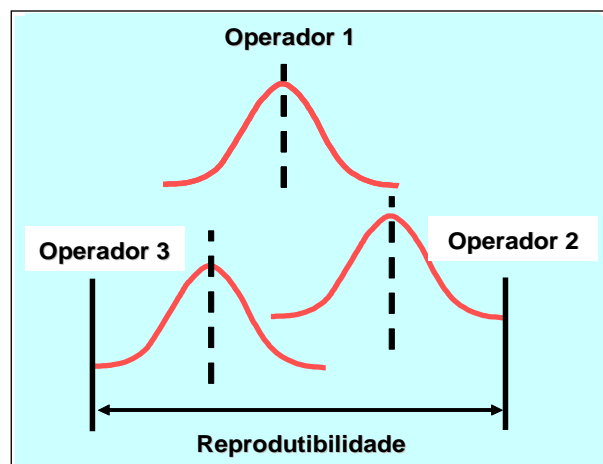


FIGURA 2: Reprodutibilidade. Fonte: Albertazzi & Sousa (2010, p.18).

Segundo Albertazzi & Sousa (2010), o estudo de repetibilidade possui as seguintes características:

- Tem condições de avaliar a variabilidade natural do processo de medição realizado nas mesmas condições.
- Se refere a medições repetidas da mesma amostra, realizadas pelo mesmo operador, e em um curto período de tempo.
- A amostra é retirada e reposicionada no sistema de medição entre as medições



repetidas.

d) A repetibilidade pode ser estimada a partir do desvio padrão das medições repetidas.

Já o estudo de reprodutibilidade, segundo Albertazzi & Sousa (2010), apresenta as seguintes características:

a) Tem condições de avaliar a variabilidade natural do processo de medição quando realizada em condições variadas que espelham a realidade do processo de medição.

b) É referente a medições com distintos operadores e pode envolver períodos de tempo mais longos e variações ambientais típicas do processo de medição.

c) As médias globais das medições feitas por cada operador serão significativamente diferentes quando há influência significativa do operador.

d) A carta de controle das médias é usada.

e) A reprodutibilidade pode ser estimada a partir do desvio padrão da mistura das medições repetidas de todos os operadores.

O cálculo da repetibilidade do medidor ( $\hat{\sigma}_{\text{repetibilidade}}$ ) é feito a partir das amplitudes médias, sendo relacionado à quantidade de operadores e suas medições conforme indicado na Equação (4), onde  $d_2$  é um fator de correção, tabelado em função do número de vezes em que um mesmo item resultante do processo produtivo é medido e  $\bar{R}$  é a média das amplitudes (MONTGOMERY, 2004).

$$\hat{\sigma}_{\text{repetibilidade}} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

A reprodutibilidade do medidor quantifica a variabilidade resultante quando diferentes operadores realizam a medição. Quando todos os operadores medem as mesmas peças e os valores obtidos referentes à média das médias ( $\bar{X}_i$ ) diferem entre si, a explicação para este fato é a existência de diferença entre os operadores. Portanto, para estimar a reprodutibilidade do medidor são dadas as Equações (5), (6), (7) e (8), onde  $\bar{X}_{\text{máx}}$  é o maior valor da média das médias,  $\bar{X}_{\text{mín}}$  é o menor valor da média das médias,  $R_{\bar{x}}$  é a amplitude da amostra e  $\hat{\sigma}_{\text{reprodutibilidade}}$  é a componente da variância devido à reprodutibilidade (MONTGOMERY, 2004).

$$\bar{X}_{\text{máx}} = \text{máx} (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots) \quad (5)$$

$$\bar{X}_{\text{mín}} = \text{mín} (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \dots) \quad (6)$$

$$R_{\bar{x}} = \bar{X}_{\text{máx}} - \bar{X}_{\text{mín}} \quad (7)$$

Logo:

$$\hat{\sigma}_{\text{reprodutibilidade}} = \frac{R_{\bar{x}}}{d_2} \quad (8)$$

Para análise dos resultados, é frequente a utilização da comparação da capacidade do medidor com a faixa de especificação do objeto a ser medido. A porcentagem da tolerância ou relação P/T é a razão entre seis desvios padrão do erro do medidor ( $6\hat{\sigma}_{\text{medidor}}$ ) e o intervalo entre o limite superior de especificação (LSE) e o limite inferior de especificação (LIE), como

demonstra a Equação (9). Quanto menor o valor, mais adequada está a capacidade do medidor (MONTGOMERY, 2004).

$$\frac{P}{T} = \frac{6 \hat{\sigma}_{\text{medidor}}}{\text{LSE-LIE}} \quad (9)$$

Considerando a regra geralmente utilizada que o instrumento de medição deve ser calibrado em unidades de um décimo da tolerância, o valor P/T deve ser próximo a 10%. Esta é uma regra prática, mas é mais coerente buscar valores que permitam ao analista tomar a decisão correta (MONTGOMERY, 2004).

O IQA (1997) considera os seguintes resultados para a relação P/T:

- a) Abaixo de 10%: sistema de medição considerado aceitável.
- b) De 10% a 30%: pode ser aceitável dependendo da importância da aplicação, levando em consideração custo do dispositivo de medição, custo dos reparos, etc.
- c) Acima de 30%: o sistema de medição precisa ser melhorado.

O estudo de R&R pode ser aplicado para diversas finalidades, como por exemplo, verificar a confiabilidade das medições nas condições de produção, ser utilizado como critério de aceitação de novos sistemas de medição (SM) ou para comparar diferentes SM nas condições de uso, investigar um SM sob suspeita de mau funcionamento e para comparar o desempenho de um mesmo SM antes e após regulagem (ALBERTAZZI & SOUSA, 2010).

## 2.1 Contexto do estudo e diagnóstico da situação atual

O estudo foi realizado no processo de tingimento de tecidos de uma indústria têxtil. Tingimento, uma das etapas do fluxo produtivo desta indústria, é uma modificação físico-química do substrato, por meio de matérias corantes, de forma que a luz refletida provoque percepção de cor. É considerado um fator de grande relevância para atender as expectativas do consumidor final quanto à padronização e solidez da cor em relação à luz, lavagens e transpiração (SALEM, 2010).

O processo de tingimento utilizado na empresa estudada é o *pad-dry-steam* - processo contínuo - que consiste na passagem contínua do tecido por um banho, seguida por espremedura uniforme em um *foulard* e depois por secagem, vaporização e por fim lavagem/ensaboamento.

No processo de tingimento contínuo, demonstrado na FIGURA 3, o banho de impregnação permanece estacionado enquanto o substrato passa continuamente por ele. O tecido é impregnado em um *foulard*, máquina utilizada no tingimento, constituída por um reservatório - onde o banho de tingimento fica estacionado - e por 2 ou 3 rolos espremedores responsáveis por retirar o excesso de banho. Posteriormente é realizada secagem seguida de vaporização (SALEM; MARCHI & MENEZES, 2005). “Neste ponto já ocorreram todas as reações químicas ou difusão dos corantes para o interior da fibra. O processo é finalizado com uma lavagem em lavadora contínua” (SALEM; MARCHI & MENEZES, 2005, p. 79).

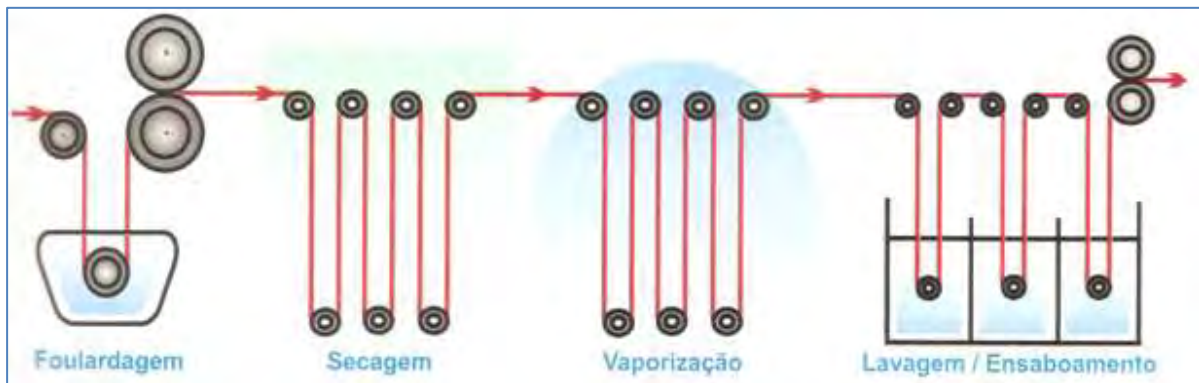


FIGURA 3 – Processo de tingimento contínuo. Fonte: Salem; Marchi & Menezes (2005, p. 79).

Para que o resultado final do processo de tingimento seja satisfatório é de fundamental importância o controle de parâmetros como: temperatura, tempo, pH (ácidos ou álcalis), sais (eletrólitos), relação de banho e adição correta de produtos e corante (SALEM; MARCHI & MENEZES, 2005).

Assim, para o controle das cores dos produtos, é essencial quantificar como o sistema visual humano percebe a cor, na tentativa de especificá-la numericamente (TECNOCOR, 2003).

Para a percepção da cor é necessária a presença de três elementos: iluminação, que seria a fonte de luz; objeto que interage com a luz; e observador, como por exemplo a vista humana, ou um aparelho (SALEM, 2010).

“Especificamente, podemos encontrar para um observador de visão de cor normal, três cores primárias necessárias para matizar cada uma das cores do espectro [...]: o vermelho, o verde e o azul que consideraremos como as três cores primárias” (RÉGULA, 2004, p. 33).

“Raios luminosos destes três comprimentos de onda (vermelho, verde e azul) quando projetados sobre uma superfície branca produzem as demais cores do espectro” (SALEM, 2010, p. 17).

Segundo Coralís (2012), em 1905 Albert Munsell criou o primeiro sistema numérico para explicar a cor, baseado em módulos coloridos. Este sistema foi a base para o desenvolvimento dos sistemas atuais. Munsell, como demonstrado na FIGURA 4, separou a cor nos seguintes componentes básicos:

a) Tonalidade: é o nome atribuído à cor. As cores básicas são vermelha, amarela, verde e azul e suas misturas geram outras cores.

b) Saturação: é o grau de distanciamento da cor do ponto neutro (cinza) da cor pura. Quanto maior o grau de saturação da cor, mais pura ela é. É comum chamar uma cor pouco saturada de suja e uma cor muito saturada de limpa.

c) Luminosidade: é a variação de claro para escuro dentro de um mesmo tom.

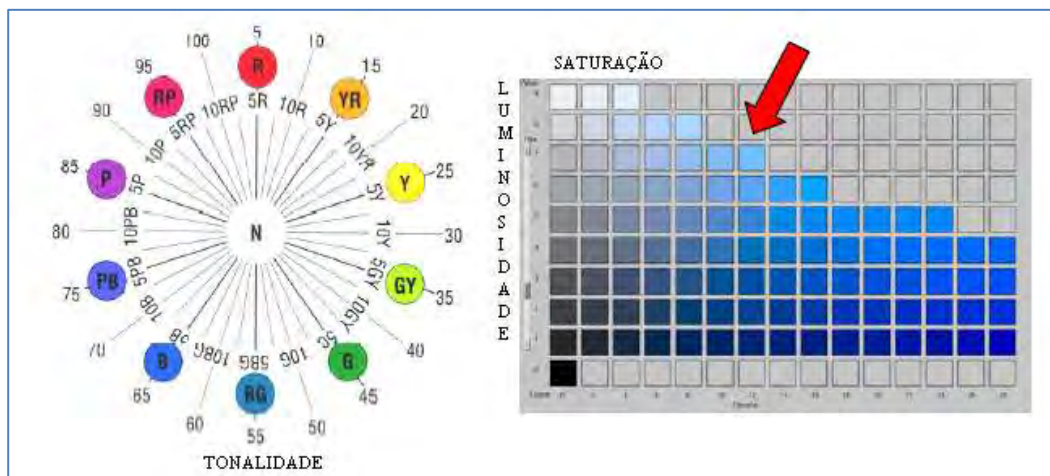


FIGURA 4 – Os três elementos da cor. Fonte: Régula (2004, p. 44).

Segundo Coralís (2012) no espaço CIELCh, demonstrado na FIGURA 5, a cor é especificada pelas seguintes coordenadas:

a)  $L^*$ : refere-se à percepção da quantidade de luz refletida, representa a luminosidade. Varia de 0 (preto) a 100 (branco).

b)  $c^*$ : significa croma ou saturação. É a distância da cor ao centro podendo convencionalmente variar de zero a 85. Valores menores indicam uma cor pouco saturada ou suja e valores maiores uma cor mais saturada ou limpa.

c)  $h^*$ : significa hue ou tonalidade e indica o tom da cor. É medida em graus variando de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

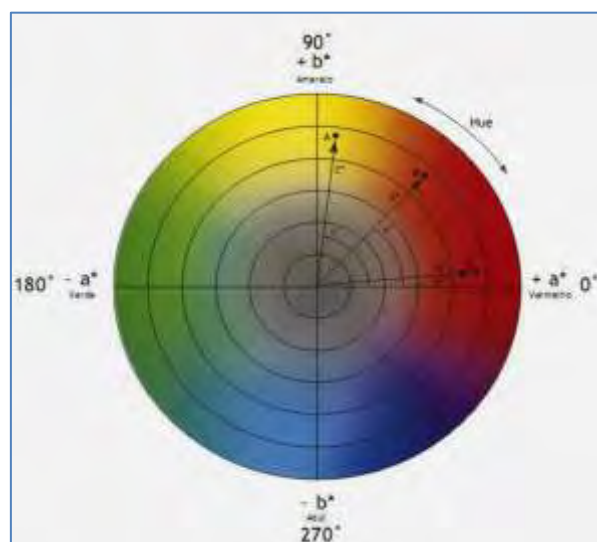


FIGURA 5 – Espaço CIELCh. Fonte: TECNOCOR (2003, p. 52).

Portanto, na empresa pesquisada, para que o banho de corante seja liberado para a produção é realizado um ensaio no laboratório químico que simula o fluxo do tingimento na máquina e somente após a análise e aprovação da nuança do tecido, o processo pode ser iniciado na produção.

Esta análise é realizada através dos resultados obtidos nas medições feitas em espectrofotômetro onde é possível estabelecer classificações para a nuança da cor medida. Baseado em padrões pré-estabelecidos o espectrofotômetro fornece vários valores de medição no tecido, como por exemplo os deltas L\*, c\*, h\*. Estabelecido um limite entre os valores apresentados para cada delta é possível atribuir um valor específico para auxiliar na avaliação de cor. Na FIGURA 6 pode ser visualizada a classificação adotada pela empresa.

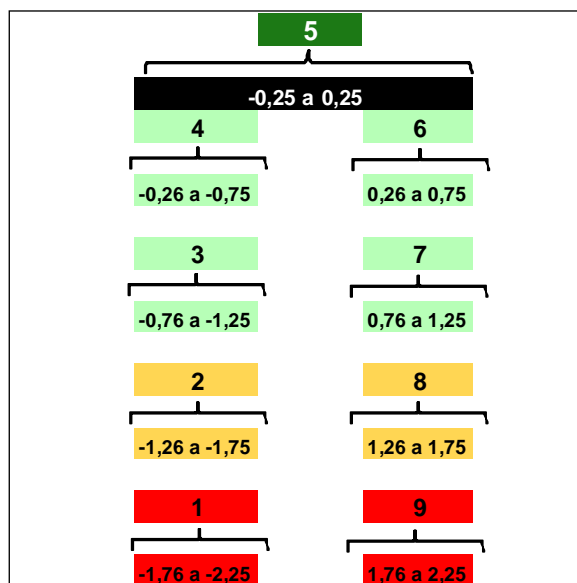


FIGURA 6 – Definição da classificação de nuanças

A melhor classificação é a representada pelo número 5 e quanto mais se caminha para os extremos 1 e 9 pior é o resultado da medição. Com base neste conceito de classificação, a empresa utiliza um limite de 4 a 6 para aprovação das nuanças medidas nos tecidos da linha profissional.

Devido ao elevado índice de reprocesso e tecidos reprovados quanto à nuança, foi detectado que mesmo com o ensaio de cor aprovado pelo laboratório e consequente liberação do banho de corante, ao realizar o processo de tingimento na produção a cor do tecido era reprovada. Ocorria também o contrário, cores reprovadas no laboratório quando processadas na produção eram aprovadas nos ensaios de qualidade.

Analisando-se os resultados foi possível perceber que os valores de nuança obtidos nos ensaios de tingimento realizados no laboratório não condiziam com os valores obtidos em testes realizados em tecidos tintos na produção. Os valores de nuança obtidos nos ensaios realizados no laboratório e na produção deveriam ser bem próximos, pois ambos os casos utilizam o mesmo banho de corante. No entanto 58,8% dos banhos testados no laboratório estavam aprovados, mas quando utilizados na produção apenas 23,5% ficaram dentro da faixa de especificação, sendo necessário fazer ajustes nos demais.

## 2.2 Caracterização do problema

A principal hipótese a ser testada é que a baixa confiabilidade dos resultados dos ensaios de nuança realizados no laboratório químico da empresa esteja impactando no elevado índice de reprovação de cor dos tecidos tintos na produção. Como consequências do problema tem-se um acréscimo na quantidade de reprocessos, perda de produtividade e aumento do



número de reclamações de clientes.

Uma vez a hipótese sendo confirmada, ações de melhoria devem ser implementadas para que os resultados obtidos na análise do sistema de medição não indiquem valor da relação P/T superior a 30%.

Para verificar a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios de tingimento realizados no laboratório foi feita análise do sistema de medição através do estudo de R&R.

Os ensaios foram realizados por três analistas, chamados de A, B e C. Foram selecionadas aleatoriamente 5 cores para tingimento em laboratório. Cada cor foi tinta duas vezes por cada analista. O tecido tinto em cada cor foi retirado de uma amostra contínua para garantir a regularidade, e cada banho também foi retirado de uma amostra de três litros, suficiente para ser utilizado pelos três analistas, também com o mesmo objetivo.

Foi utilizado um *software* para manipulação dos dados e geração dos gráficos. A avaliação foi realizada através da observação dos gráficos R e da relação P/T.

Os gráficos R, das amplitudes, mostram a diferença entre a primeira e a segunda medição realizada pelo analista e indicam a variabilidade do instrumento ou método de medição. Neste gráfico espera-se que todos os pontos estejam dentro dos limites de controle, indicando que os analistas não têm dificuldades em utilizar o método.

### 3. Resultados e discussão

Analisando o gráfico de amplitude do delta L, que representa a luminosidade, no GRÁFICO 1, e do delta C, que significa croma ou saturação, no GRÁFICO 2, é possível verificar que houveram pontos sobre o limite superior, ocorrendo também dois pontos acima do limite superior na GRÁFICO 3 do delta H referente à tonalidade. Isto indica que existem dificuldades entre os analistas para utilizar o método.

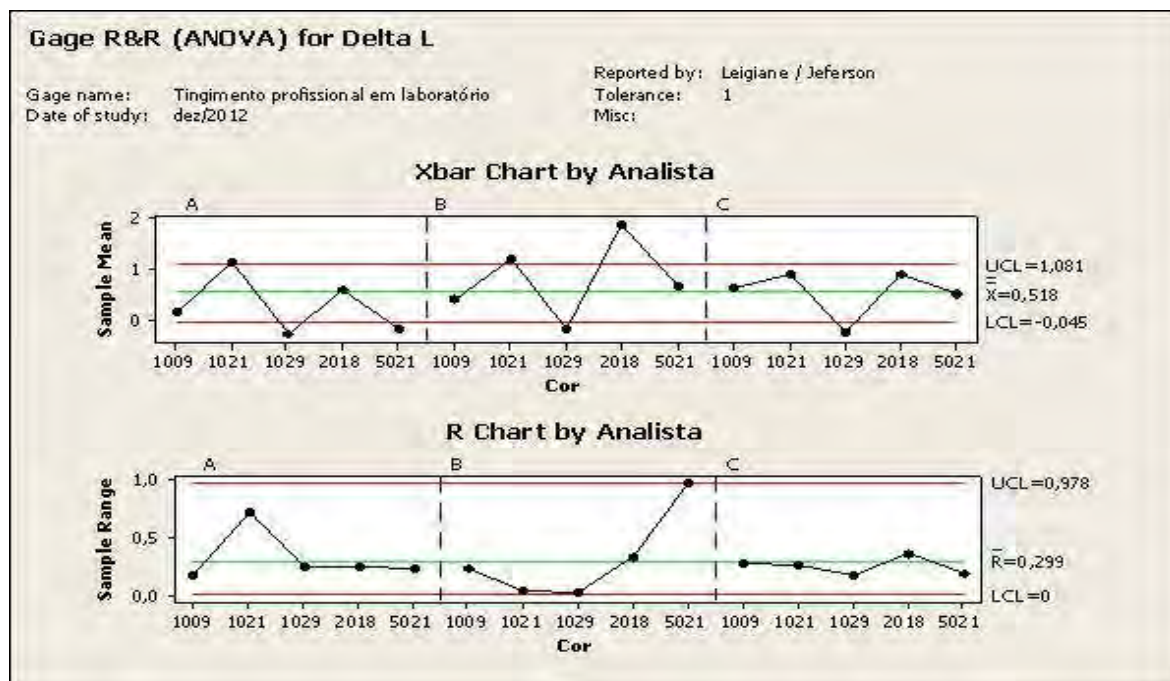


GRÁFICO 1: Gráfico do delta L

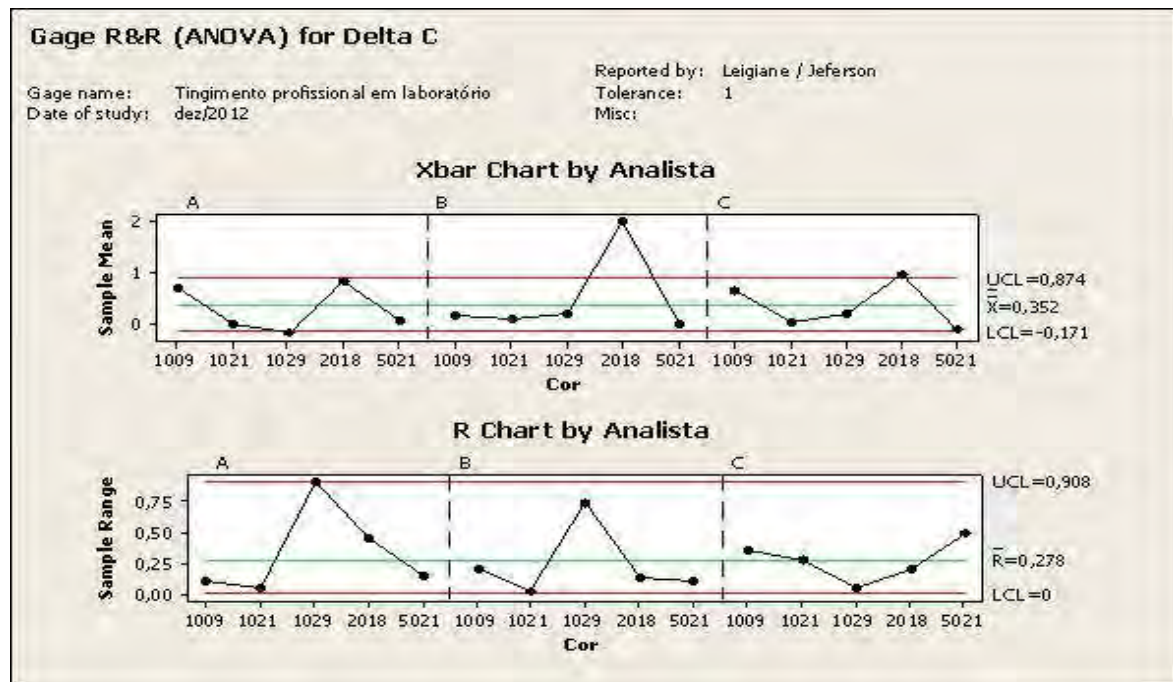


GRÁFICO 2: Gráfico do delta C

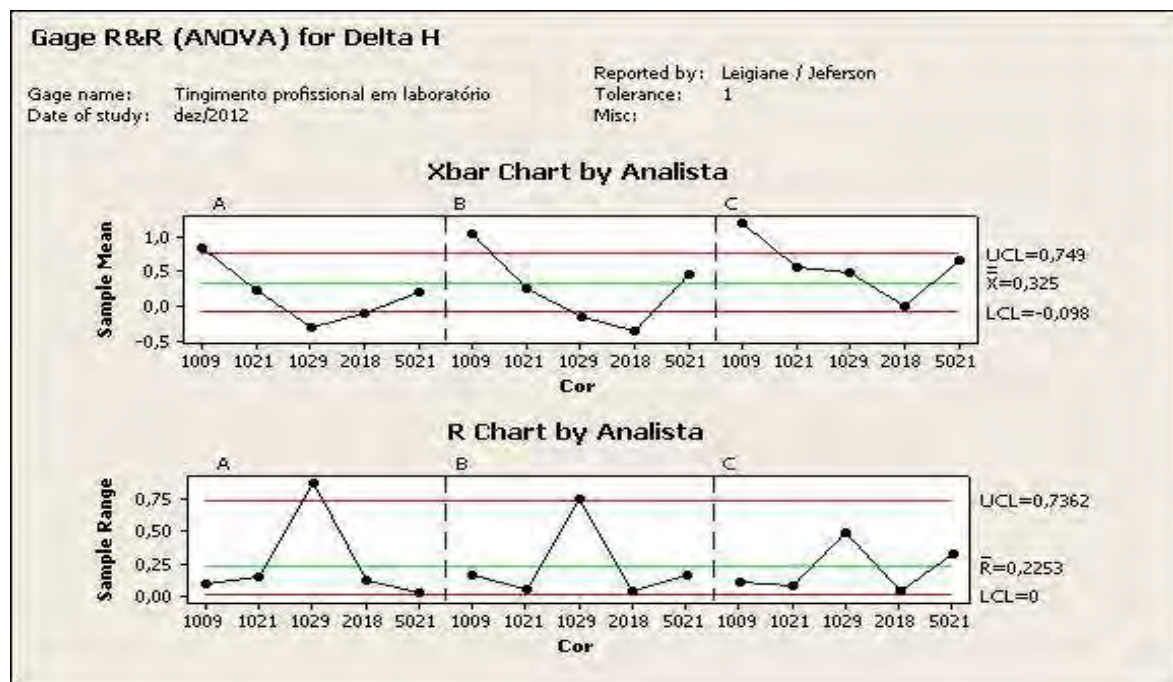


GRÁFICO 3: Gráfico do delta H

O gráfico  $X_{\text{barra}}$  indica a precisão do instrumento de medição ou a capacidade em distinguir diferentes amostras. Esta análise sofre grande interferência das amostras escolhidas para o estudo e como foram analisadas somente 5 amostras decidiu-se utilizar a relação P/T.

Observa-se na TABELA 1 que todos os resultados estão bem acima de 30%, indicando grande interferência do sistema de medição nos resultados, de acordo com os limites de especificação escolhidos.





TABELA 1: Relação P/T

Componente	P/T delta L	P/T delta C	P/T delta H
Sistema de medição	172,4 %	162,10 %	125,18 %
Repetibilidade	108,9 %	106,56 %	94,15 %
Reprodutibilidade	134,31 %	122,16 %	82,50 %

Os limites de tolerância escolhidos foram relativos às nuances aprovadas 4 e 6, com valores de delta de  $-0,75$  e  $0,75$ , respectivamente, o que totaliza um range de 1,5.

Analisando todos os resultados obtidos é possível afirmar que o sistema de medição não está aprovado. Os analistas apresentam dificuldades em utilizar o método e a variabilidade do sistema de medição está alta se comparada com os limites de tolerância.

Neste sentido, foram levantadas as principais causas que podem interferir na confiabilidade dos resultados dos ensaios realizados no laboratório, utilizando diagrama de causa e efeito como apresentado na FIGURA 7.

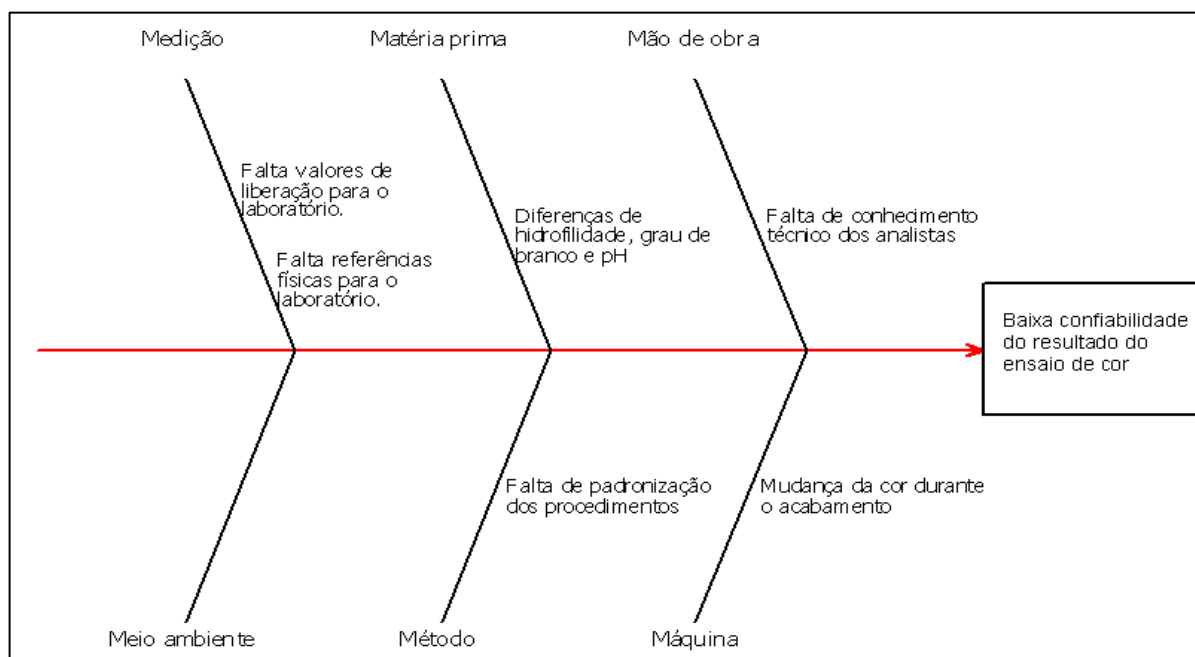


FIGURA 7 – Diagrama de causas e efeito da baixa confiabilidade dos ensaios de cor

Entre as causas levantadas destacam-se duas como sendo as principais:

- Falta de padronização dos procedimentos.
- Falta de conhecimento técnico dos analistas.

#### 4. Conclusão

Para que os resultados sejam melhorados é necessário que as diferenças entre medições de uma mesma cor sejam reduzidas. Na observação do ensaio de cor feita em laboratório percebeu-se diferenças de procedimentos entre operadores que, mesmo aparentemente insignificantes, podem interferir no resultado final.

Para a melhoria do sistema de medição algumas recomendações devem ser observadas, como:



- a) Atenção na coleta de banho.
- b) Conferência dos ajustes dos equipamentos.
- c) Respeito às quantidades utilizadas nas pesagens e à seqüência de preparo das receitas.
- d) Atenção no momento da realização da costura no guia para se evitar manchas.
- e) Cuidado com a contaminação dos equipamentos por resíduo de banhos anteriores ou guia sujo.
- f) Definição de método para climatização das amostras.
- g) Calibração do espectrofotômetro.

Os procedimentos devem ser rigorosamente cumpridos e todas as etapas do ensaio serem realizadas de modo objetivo, com definição clara de tempos, quantidades, concentrações e temperaturas.

Após a implementação dessas recomendações novo estudo de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) deve ser realizado para se verificar a efetividade das ações de melhoria. Além disso, periodicamente deve se realizar análise do sistema de medição.

O estudo de R&R mostrou que esta é uma metodologia suficientemente útil para a avaliação da confiabilidade de sistemas de medição. Essa avaliação, quando corretamente executada, gera maior confiabilidade dos resultados obtidos e conseqüentemente detecta possibilidades de melhorias nos procedimentos e maior produtividade para a empresa.

## Referências

- ALBERTAZZI, A.; SOUSA, A. R. *Fundamentos de metrologia científica e industrial*. São Paulo: Editora Manole, 2010. Disponível em: <[www.Labmetro.ufsc.br/livroFMCI/Slides/FMCI\\_Cap%2011.ppt](http://www.Labmetro.ufsc.br/livroFMCI/Slides/FMCI_Cap%2011.ppt)>. Acesso em: 24 Dezembro 2012.
- CORALIS. *Curso de colorimetria Coralis*. Elaboração de Pedro Gargalaca Filho. [s.l.], 2012.
- IQA - INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. *Análise dos sistemas de medição*. São Paulo: 1997.
- MONTGOMERY, C. D. *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2004. 237p.
- RÉGULA, L. M. *Padrões Virtuais e Tolerâncias Colorimétricas no Controle Instrumental das Cores*. 2004. 223 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia)-Programa de Pós-Graduação em Metrologia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4944@1](http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=4944@1)>. Acesso em: 24 Janeiro 2013.
- SALEM, V. *Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias*. 1 ed. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010. p. 17-43.
- SALEM, V.; MARCHI, A. de; MENEZES, F. G. *O beneficiamento têxtil na prática*. 1ed. São Paulo: Golden Química do Brasil, 2005.
- TECNOCOR Serviços. *Curso sobre aplicações em colorimetria e aparência na indústria*. Elaboração de Celso Farkas. [s.l.], 2003. p. 1-52.
- WERKEMA, M. C. C. *Avaliação da Qualidade de Medidas*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 2000. p. 9-26.
- WERKEMA, M. C. C. *Avaliação de Sistemas de Medição*. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006. 15 p.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Aprendizagem visual com redes neurais convolucionais aplicados ao modelo de navegação autônoma**

Vinicius Avelino Alcântara<sup>1</sup>

Marco Túlio A. N. Rodrigues<sup>2</sup>

**Resumo:** Este trabalho utiliza uma rede neural convolucional para a navegação autônoma aplicada ao trajeto de um automóvel, para assim apresentar os conceitos necessários para o desenvolvimento de um sistema capaz de dirigir de modo autônomo. As redes neurais convolucionais serão utilizadas para extrair informações das imagens e comandos coletados durante o trajeto manualmente feito pelo ambiente, sendo assim o automóvel navega de uma posição inicial para uma final em um ambiente com base em visão computacional. A partir de uma regressão feita entre as informações obtidas na cena, o automóvel toma decisões necessárias para o ato de dirigir independente de intervenção humana, situações como quando parar, acelerar e onde virar. Com isso, ainda é testado qual tipo de ambiente é melhor para generalizar a aprendizagem do método e em como os sistemas de cores influenciam o desempenho do mesmo ao refazer o circuito de modo autônomo.

**Palavras-chave:** Aprendizagem de Máquina, Inteligência Artificial, Carros Autônomos, Redes Neurais Convolucionais.

1. Ciência da Computação, Graduando, Universidade de Itaúna, [viniciusavelinoalcantara@gmail.com](mailto:viniciusavelinoalcantara@gmail.com).
2. Ciência da Computação, Doutorado, UIT, [tulio.rodrigues@gmail.com](mailto:tulio.rodrigues@gmail.com).



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

Universidade de Itaúna

## **Impressora 3D para multimateriais: projeto, construção, operação, controle e validação de peças e próteses fabricadas**

**Augusto Camargos da Silva Filho<sup>1</sup>**

**Dierval Donizete Paixão Borges<sup>2</sup>**

**Gustavo Nogueira Barros<sup>3</sup>**

**João Pedro Paulino Martins<sup>4</sup>**

**Juventino Feitosa de Camargos<sup>5</sup>**

**Mário Sérgio D. Campideli<sup>6</sup>**

**Luciana Rodrigues dos Santos<sup>7</sup>**

**Alecir Silva<sup>8</sup>**

**Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>9</sup>**

**José Felipe Dias<sup>10</sup>**

**Juliano Daniel Simeão<sup>11</sup>**

**Resumo:** A busca pelo domínio de uma tecnologia emergente e em ascensão em diversos campos da ciência motivou o desenvolvimento de um projeto de construção de uma impressora 3D permitindo ampliação de conhecimento de docentes e discentes da faculdade de engenharia no desenvolvimento de processos e produtos e desenvolvimento de próteses para seres vivos com a interação de outras faculdades (medicina, fisioterapia, odontologia) da Universidade de Itaúna. O projeto tem como objetivo ao final do ano de 2020 obter uma impressora 3D para uso com fins didático, permitindo aos alunos o desenvolvimento de processos e produtos e desenvolvimento de próteses para seres vivos. Além disso, a construção da impressora 3D irá permitir o uso didático da mesma nas aulas de usinagem e controle de automação.

**Palavras-chave:** Impressora. Construção. Próteses.

1. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
2. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
3. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
4. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
5. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
6. Graduando em Engenharia Mecânica, UI, i3duitgpme@gmail.com.
7. Graduando em Engenharia de Produção, UI, i3duitgpme@gmail.com.
8. Especialista em Gerência e Tecnologia da Qualidade, UI, gpmeafaenuit@gmail.com.
9. Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas, UI, gpmeafaenuit@gmail.com.
10. Doutor em Engenharia de Estruturas, UI, gpmeafaenuit@gmail.com.
11. Mestre em Modelagem Matemática e Computacional, UI, gpmeafaenuit@gmail.com.



## **Exploração de faixas musicais para estimar a semelhança em contornos melódicos**

**Raphael Adriano de Souza<sup>1</sup>**

**Marco Túlio Alves Rodrigues<sup>2</sup>**

**Resumo:** A extração, classificação e recuperação de Informações músicas apesar de ser um campo de estudo recente destaca-se com notável importância. Põem-se evidência aplicações, as quais reconhecem trechos musicais com o objetivo de localizar uma música, reconhecer plágio entre outras diversas finalidades. Este trabalho apresenta um método de recuperação de informação de músicas para estimar a melodia dominante e recomendar faixas musicais que se assemelham. Serão abordadas técnicas para a estimação da melodia principal presente em trechos de faixas musicais. Adicionalmente, o emprego de técnicas de inteligência artificial para encontrar a similaridade entre as melodias para se ter um nível de recomendação musical com base melódica.

**Palavras-chave:** Classificação. Extração. Melodia.

<sup>1.</sup> Ciência da Computação, Bacharelado, Universidade de Itaúna, raphael3130@gmail.com.

<sup>2.</sup> Ciência da Computação, Doutorado, Universidade de Itaúna, tulio.rodrigues@gmail.com.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Melhoria no Processo Produtivo em uma Fábrica de Chicote Automotivo utilizando métodos de estudo de Tempos e Movimentos**

Fernando César Franco<sup>1</sup>

Raquel Duarte Nogueira<sup>2</sup>

**Resumo:** O presente trabalho contemplou a melhoria do processo produtivo em uma fábrica de chicote automotivo, mais especificamente em uma linha de montagem de chicotes simples e *dual logic*, utilizando-se para tal objetivo o estudo de tempos e movimentos. O controle e estabilidade da produção e das linhas de montagem, bem como o gerenciamento dos recursos disponíveis se tornaram peças chave para o futuro da empresa. Neste contexto, foi utilizada a metodologia de estudo de caso, uma vez que tornou-se necessário o estudo do processo produtivo de forma profunda e detalhada. A definição do tempo padrão tornou-se essencial para o estudo do processo. Utilizando-se a cronoanálise e, posteriormente, algumas ferramentas da qualidade como ciclo PDCA, diagrama de causa e efeito, dentre outras, foram identificadas as falhas do processo e as possíveis causas que afetavam a empresa a não conseguir atingir suas metas e com isto não atender aos pedidos de seus clientes dentro do prazo. Com a aplicação destas ferramentas, foi descoberta a causa raiz do problema e a partir desta foi possível propor soluções para melhoria do processo. Durante a implementação das melhorias foram obtidos resultados satisfatórios em aumento da produtividade e foram indicadas ações para que as metas propostas fossem atingidas.

**Palavras-chave:** Processo Produtivo. Cronoanálise. Tempos e Movimentos.

1. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, fernando@uit.br.

2. Graduada em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, duarte.mg@vendasbb.com.br.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Implantação de um portal colaborativo para melhoria no atendimento a clientes de um sistema empresarial de *software***

Ana Paula Aguiar dos Santos<sup>1</sup>

Fernando César Franco<sup>2</sup>

Luane Duarte Campos<sup>3</sup>

Tânia Nogueira Fonseca Souza<sup>4</sup>

**Resumo:** O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um método capaz de melhorar o atendimento aos clientes de uma empresa de *software*. De forma geral, este projeto aborda conceitos sobre tecnologia, sistemas de informação, *software*, ERP, e atendimento ao cliente; informações necessárias para o entendimento da estrutura e do desenvolvimento do mesmo. Na fase de identificação dos problemas, foram utilizadas diversas técnicas de coleta de dados, dentre elas: reuniões de grupo e análise documental. Na fase seguinte, proposta de melhorias, foi realizada a modelagem do cenário atual dos processos de atendimento do suporte. A avaliação dos resultados ocorreu de forma empírica através das percepções do grupo quanto às mudanças propostas. Dessa forma, o presente estudo foi capaz de identificar os principais problemas da área de suporte da empresa em estudo e propor um modelo para melhoria dos seus processos; uma vez aceito e aprovado, o modelo foi submetido para implantação das mudanças culturais e estruturais propostas. O resultado final foi a implantação de um portal colaborativo para agilizar o atendimento aos clientes, sendo instalado um painel na sala de suporte para acompanhamento dos técnicos referente aos chamados em aberto.

**Palavras-chave:** *Software*. Clientes. Portal colaborativo

1. Graduada em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, anapaulaaguiarsantos@gmail.com.
2. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, fernando@uit.br.
3. Graduada em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, luaneduarte@hotmail.com.
4. Doutora em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, tnfsouza@gmail.com.

## **Reutilização de areia de fundição na fabricação de tijolos para a construção civil**

**Amanda Oliveira e Souza<sup>1</sup>**  
**Augusto Marra de Sousa Moreira<sup>2</sup>**  
**Matheus Robinson Rosa<sup>3</sup>**  
**Sheila Cristina Rodrigues<sup>4</sup>**  
**Oswaldo Sena<sup>5</sup>**  
**Tânia Nogueira Fonseca Souza<sup>6</sup>**

**Resumo:** O GEPSIPE é um grupo de Iniciação Científica da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de Itaúna. Uma das linhas de pesquisa desse grupo é a de aproveitamento de resíduos industriais na construção civil. O grupo é constituído de professores e alunos da engenharia civil e também das engenharias mecânica e de produção. Conta ainda com representante da indústria e também o apoio técnico do Sindime. A pesquisa em questão objetivou o estudo preliminar de utilização da areia furânica de fundição descartada – ADF – em aterro sanitário na composição de tijolos para a construção civil. Para essa etapa foram planejadas adições de 5, 10, 15 e 50% de ADF na produção de tijolos tipo solo cal e posterior estudo da resistência à compressão dos tijolos nas proporções utilizadas. Verificou-se que a adição de ADF reduziu a resistência à compressão, dentre as cinco variações de porcentagem de adição estudadas quando comparados os resultados com os tijolos fabricados sem adição de ADF. No entanto, mesmo com a queda de resistência, com a adição de 5% de areia furânica, pode-se obter uma resistência à compressão dos tijolos de 1,7 MPa, atendendo assim a tensão mínima exigida pela norma ABNT NBR 10834:2012.

**Palavras-chave:** Resíduo. Tijolo Ecológico. Fundição.

1. Engenheira Mecânica, Bacharela, CEFET/MG, amandaoesouza@gmail.com
2. Engenheiro Mecânico, Bacharel, Universidade de Itaúna, augustomarra85@gmail.com
3. Graduando em Engenharia Civil, Universidade de Itaúna, mateus custela10@gmail.com
4. Engenheira de Produção, Bacharel, CEFET/MG, sheilarodrigues0113@gmail.com
5. Engenheiro Civil, Mestre., Universidade de Itaúna.
6. Engenheira Mecânica, Doutora, Universidade de Itaúna, tnfsouza@gmail.com





**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Eficiência energética aplicada ao sistema pneumático para indústria moveleira**

**Geraldo do Carmo Santos Oliveira<sup>1</sup>**

**Juliano Daniel Simeão<sup>2</sup>**

**Marlon Antônio Pinheiro<sup>3</sup>**

**Resumo:** Avaliou-se a eficiência energética do sistema pneumático de uma fábrica de móveis no pólo moveleiro de Carmo do Cajuru – MG. Deste modo, propôs identificar e quantificar a energia pneumática utilizada no processo produtivo, a fim apontar oportunidades de redução de custos e de consumo de energia elétrica em seu sistema. Foram realizados diagnósticos sobre o atual sistema de ar comprimido da empresa pesquisada, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria na geração, armazenamento, distribuição e uso final do ar comprimido. Realizaram-se levantamentos de dados dos equipamentos, tipo e capacidade dos compressores, aplicação do ar, dimensionamento da atual rede de ar comprimido. Por meio dos dados coletados, estabeleceram-se valores ideais de pressão e vazão para atender o consumo atual e futuro do ar comprimido. Os dados obtidos possibilitaram o equacionamento do custo associado à pressão elevada, custo por queda de pressão de e custo por vazamentos. Para empresa foi criado um novo projeto de sistema pneumático visando eliminar todos os pontos de inconveniência do atual sistema de ar, aumentando assim a eficiência do processo produtivo e eliminando gastos com desperdício de energia elétrica, contribuindo para o aumento da produtividade da empresa.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Ar Comprimido. Redução de Custos. Otimização.

<sup>1.</sup> Engenharia Mecânica, Graduando, Universidade de Itaúna, geralducajuru@hotmail.com

<sup>2.</sup> Engenharia Mecânica, Mestre, Universidade de Itaúna, jdsimeao@gmail.com

<sup>3.</sup> Engenharia Mecânica, Mestre, CEFET-MG, marlonpinheiro@hotmail.com

## Aplicação do sistema de gestão da confiabilidade via web em uma frota veicular

Geraldo do Carmo Santos Oliveira<sup>1</sup>

Daniel Enrique Castro<sup>2</sup>

Juliano Daniel Simeão<sup>3</sup>

Marlon Antônio Pinheiro<sup>4</sup>

**Resumo:** A manutenção veicular deve garantir a confiabilidade dos veículos, minimizando a probabilidade de acidentes, ou seja, maximizando a sua segurança operacional durante toda a sua vida útil, e tudo isto a um custo razoável para os seus usuários. Estes aspectos são muito difíceis de serem gerenciados neste tipo de serviços. Para tanto, esta pesquisa propôs aplicar a metodologia da análise de confiabilidade veicular via Web, através do portal [www.savemotors.com.br](http://www.savemotors.com.br), sistema que permite interligar oficinas e usuários, de maneira a aperfeiçoar o controle do processo de manutenção veicular. Contribuindo para que proprietários de veículos e frotistas, primorem o controle da condição técnica dos seus veículos e a comunicação com as oficinas responsáveis pela sua manutenção. Este estudo permite obter parâmetros que aperfeiçoam o atendimento de redes de oficinas e garantam maximizar a disponibilidade dos veículos e assim contribuir para a sustentabilidade do setor automotivo.

**Palavras-chave:** Manutenção. Web. Confiabilidade. Frota. Sustentabilidade.

1. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, [geralducajuru@hotmail.com](mailto:geralducajuru@hotmail.com)
2. Engenheiro Aeronáutico, Doutor, CEFET-MG, [daniel@plusengenharia.com.br](mailto:daniel@plusengenharia.com.br)
3. Engenheiro Mecatrônico, mestre, Universidade de Itaúna, [jdsimeao@gmail.com](mailto:jdsimeao@gmail.com)
4. Engenheiro Mecânico, mestre, CEFET-MG, [marlonpinheiro@hotmail.com](mailto:marlonpinheiro@hotmail.com)



## Modelos didáticos para o ensino de Análise Estrutural

Aguinaldo Sérgio Andrade Moreira<sup>1</sup>

Amanda Marta Nogueira Silva<sup>2</sup>

Talita Rates Moreira<sup>3</sup>

Filipe Emanuel Souza Anacleto<sup>4</sup>

**Resumo:** Por vezes o ensino de conteúdos de análise estrutural em cursos de Arquitetura e de Engenharia Civil é feito através: da apresentação oral de conceitos e definições, da dedução e uso de fórmulas matemáticas em exemplos idealizados, da apresentação de imagens e ilustrações, de simulações numéricas computacionais, do uso de modelos físicos didáticos para visualização do comportamento estrutural, de visitas à empresas e à laboratórios, entre outros métodos. Os autores deste trabalho, recentemente, se propuseram a tentar contribuir para o ensino de conteúdos de análise estrutural no curso de Engenharia Civil da Universidade de Itaúna desenvolvendo e construindo alguns modelos físicos didáticos. No atual trabalho pretende-se apresentar a pesquisa realizada e dois dos modelos didáticos construídos. O primeiro é um modelo para visualização de curvas elásticas de vigas. Este modelo permite a aplicação de variados carregamentos, a modificação das posições e dos tipos de apoio, e a imposição de recalques de apoio. E o segundo é um modelo para visualização de diferentes modos de flambagem global de barras esbeltas em função das condições de contorno. Ambos modelos são principalmente qualitativos. Acredita-se que os modelos construídos poderão contribuir bastante para o ensino do comportamento estrutural de barras.

**Palavras-chave:** Ensino. Análise Estrutural. Modelos Didáticos.

1. Graduando em Engenharia Civil, Universidade de Itaúna, aguinaldo.a.moreira@gmail.com.
2. Graduanda em Engenharia Civil, Universidade de Itaúna, amandamartanogueira@hotmail.com.
3. Graduanda em Engenharia Civil, Universidade de Itaúna, talita.rates@yahoo.com.br.
4. Engenheiro Industrial Mecânico, Mestre, Universidade de Itaúna, uit.filipe@gmail.com.



## **Influência da temperatura de austenitização no crescimento de grão austenítico em liga fundida de aço ao carbono**

**Reyler Bueno Faria<sup>1</sup>**

**Wender Raimundo Gontijo<sup>2</sup>**

**Fábio Sander Prado Guimarães<sup>3</sup>**

**Resumo:** Avaliou-se a influência da temperatura de austenitização no crescimento de grão austenítico de uma liga de aço fundido SAE 1045. Os testes experimentais foram realizados no Laboratório de Ensaios e Análises em Materiais – LAMAT do SENAI Itaúna CETEF. O tratamento térmico foi realizado em um forno acoplado na máquina de ensaio de resistência à compressão a quente e de colapsibilidade realizados em areias. As amostras foram aquecidas a 815°C, 865°C, 915°C e 965°C, mantidas por um tempo de uma hora dentro do forno e resfriadas ao ar livre. Estas temperaturas foram definidas a partir de uma equação empírica para o cálculo da temperatura de austenitização do aço. Os resultados obtidos das análises realizadas com referência a norma ASTM E112/2013, pelo método quantitativo denominado intercepto linear de *Heyn*, mostraram que há uma tendência dos grãos crescerem na medida em que aumenta a temperatura de austenitização, comprovando com o que é mostrado na literatura técnica. Os resultados das medições dos tamanhos médios de grãos foram: 13,282  $\mu\text{m} \pm 2,72 \mu\text{m}$ , 14,801  $\mu\text{m} \pm 3,33 \mu\text{m}$ , 16,428  $\pm 4,33 \mu\text{m}$  e 18,377  $\pm 5,48 \mu\text{m}$ , respectivamente. Todos os resultados foram validados estatisticamente pela técnica de teste de hipótese com nível de confiança de 95%.

**Palavras-chave:** Tamanho de grão. Austenitização. Temperatura. Tratamento Térmico. Teste de Hipótese.

- <sup>1.</sup> Engenheiro de Produção, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas e Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica com Ênfase em Fundição, SENAI Itaúna CETEF (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi). [rbfaria@fiemg.com.br](mailto:rbfaria@fiemg.com.br).
- <sup>2.</sup> Engenheiro Mecânico, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, SENAI Itaúna CETEF (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi). [wgontijo@fiemg.com.br](mailto:wgontijo@fiemg.com.br).
- <sup>3.</sup> Físico, Mestre, Faculdade de Engenharia – Universidade de Itaúna. [sander\\_prado@yahoo.com.br](mailto:sander_prado@yahoo.com.br).



## CAPTURA E ARMAZENAMENTO DO DIÓXIDO DE CARBONO POR ABSORÇÃO QUÍMICA EM SOLUÇÃO AMINA

Flávio França Vasconcelos<sup>1</sup>

Karina Ingrid Rezende<sup>2</sup>

Gustavo Nogueira Barros<sup>3</sup>

Matheus Camargos Santos Silqueira<sup>4</sup>

Brendon Wallace Menezes<sup>5</sup>

Maria Luiza Tadeu de Oliveira<sup>6</sup>

Marco Túlio Silva Menezes<sup>7</sup>

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>8</sup>

José Felipe Dias<sup>9</sup>

Sabrina Nogueira Rabelo<sup>10</sup>

**Resumo:** Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é um composto essencial à vida no planeta. Porém, o aumento significativo da concentração desse gás na atmosfera, ocasiona impactos ambientais e preocupa a população mundial. O excesso dessa substância na atmosfera aumenta a retenção de calor e, conseqüentemente, eleva a temperatura terrestre. Sendo assim, surge a necessidade de se desenvolver tecnologias capazes de capturar esse excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera e reutilizá-lo para outros fins. Foram estudadas diversas técnicas de captura de CO<sub>2</sub>, como adsorção, criogenia e membranas, porém devido a análise das melhores condições para desenvolvimento do sistema como custo-benefício e eficiência de operação, optou-se pela utilização do método de absorção. O estudo visa projetar, construir, analisar e otimizar um sistema de captura de dióxido de carbono, baseado no processo de absorção, com soluções aminas por meio de colunas recheadas. Espera-se que o equipamento desenvolvido seja eficiente e de alta viabilidade econômica. O sistema será projetado para se ter um baixo custo de forma que possa ser reproduzido em escala industrial, uma vez que a demanda mundial é alta.

**Palavras-chave:** Dióxido de Carbono. Captura. Soluções aminas. Coluna recheada. Absorção química.

1. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [flaviofv@yahoo.com.br](mailto:flaviofv@yahoo.com.br)
2. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [karinarezzende@gmail.com](mailto:karinarezzende@gmail.com)
3. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [gustavo.n.barros@hotmail.com](mailto:gustavo.n.barros@hotmail.com)
4. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [matheuscamargos1@hotmail.com](mailto:matheuscamargos1@hotmail.com)
5. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [brendonwallace@live.com](mailto:brendonwallace@live.com)
6. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [marialuizatoliveira@gmail.com](mailto:marialuizatoliveira@gmail.com)
7. Engenharia Mecânica, graduando, Universidade de Itaúna, [marcotulio2985@hotmail.com](mailto:marcotulio2985@hotmail.com)
8. Engenharia Mecânica, mestre, Universidade de Itaúna, [labmetal@uit.br](mailto:labmetal@uit.br)
9. Engenharia Mecânica, doutor, Universidade de Itaúna, [josefelipedias@gmail.com](mailto:josefelipedias@gmail.com)
10. Engenharia Química, mestre, Universidade de Itaúna, [sasanogueirarab@hotmail.com](mailto:sasanogueirarab@hotmail.com)

## Ensaio de fadiga por flexão alternada em juntas soldadas

José Afonso Lelis Junior<sup>1</sup>

Brendon Wallace Menezes Silva<sup>2</sup>

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>3</sup>

José Felipe Dias<sup>4</sup>

Denilson José do Carmo<sup>5</sup>

**Resumo:** Estuda-se a influência do acabamento de juntas soldadas na vida à fadiga de chapa de 9,53 mm de espessura, disponibilizada pela Alfa Caldeiraria e Montagens. Foram fabricados dois grupos com dez corpos de prova cada um. A junta soldada de topo foi esmerilhada em um dos grupos e no outro a junta não recebeu acabamento. Utilizou-se o aço estrutural ASTM A-36, a soldagem do passe de raiz, foi pelo processo TIG e os passes de preenchimento do chanfro em “V” foram pelo processo MAG. O ensaio de fadiga por flexão alternada será executado em uma máquina projetada e fabricada pelo grupo de pesquisa. A amplitude de tensão irá variar entre 50% a 90% do limite de resistência do material. Os resultados dos ensaios de fadiga serão comparados com os valores previstos pelas equações estabelecidas pela norma ABNT NBR 8800 e o IIW. Busca-se também a oportunidade de um melhor entendimento do comportamento à fadiga de juntas soldadas, uma vez que elas estão presentes na maioria dos componentes mecânicos e estruturais. Desta maneira, este estudo visa o melhoramento contínuo dos processos de soldagem e acabamento em solda, através da pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação em parceria com empresas e institutos tecnológicos.

**Palavras-chave:** Fadiga em juntas soldadas. Solda de topo. Ensaio de fadiga por flexão alternada. Acabamento de junta soldada.

1. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, joselelisjr@hotmail.com.
2. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, brendonwallace@live.com.
3. Engenheiro Mecânico, Mestre, Universidade de Itaúna, ewertonasnogueira@gmail.com.
4. Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade de Itaúna, josefelipedias@gmail.com.
5. Engenheiro Mecânico, Doutor, SENAI CETEF Marcelino Corradi – Itaúna, Universidade de Itaúna, denilsoncarmo@uit.br.



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## **Detecção de Sinapses e Realidade Virtual: Novo Grau de Imersão**

**Raphael Schmitt de Oliveira Santos<sup>1</sup>**

**Marco Túlio A. N. Rodrigues<sup>2</sup>**

**Resumo:** Este trabalho apresenta um modelo de sistema analisador de sinais neurais para ambientes de realidade virtual. O método proposto tem como principal objetivo quebrar as atuais barreiras que impedem os usuários de terem uma maior imersão em ambientes de RV (Realidade Virtual), uma vez que a maioria dos métodos utilizam controles físicos na interação do jogador com o ambiente, fazendo com que o usuário não perca a consciência do que é real e o que é virtual, tendo assim uma quebra do conceito principal da Realidade Virtual. Com este trabalho além de melhorar a experiência dos usuários ao utilizarem dos softwares de RV (Realidade Virtual) irá também ajudar aqueles que possuem limitações físicas a adentrar no mesmo, já que a maior parte dos métodos hoje utilizados faz com que não seja possível.

**Palavras-chave:** EEG (Eletroencefalografia). Brain Computer Interface. Realidade Virtual.

<sup>1</sup>. Ciência da Computação, Bacharelado, Universidade de Itaúna, raphaelschmitt@hotmail.com.

<sup>2</sup>. Ciência da Computação, Doutorado, UIT, tulio.rodrigues@gmail.com.



**SICT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## Teclado inteligente multifuncional (TIX)

Adriano Rabelo de Assis<sup>1</sup>

Gleison Fernandes de Faria<sup>2</sup>

Juliano Daniel Simeão<sup>3</sup>

**Resumo:** Com objetivo de atender as necessidades de uma determinada parcela da população, que por algum motivo não conseguem utilizar um teclado ou mouse convencional foi desenvolvido um teclado especial denominado de Teclado Inteligente Multifuncional (TIX), sendo que “Multifuncional” se refere a diversas funções como digitação e mouse. As teclas de um teclado convencional possuem um espaçamento pequeno entre si e o tamanho das mesmas possibilita apenas a utilização dos dedos, impedindo que pessoas com determinados tipos de deficiência possam utilizar o mesmo de maneira eficiente. O Teclado Inteligente Multifuncional é composto por 11 teclas com dimensões maiores e que são estrategicamente espaçadas umas das outras para garantir um acionamento preciso, ágil e fácil, sendo que nove dessas teclas, funcionam de forma combinatória obedecendo a lógica matemática de arranjos, da teoria da análise combinatória. Sendo, a execução de um caractere ou comando se dá pelo acionamento de duas teclas que são associadas por símbolos coloridos. Assim, o teclado inteligente multifuncional vem demonstrando como pode servir para exercitar, estimular e, sobretudo, ser uma ferramenta importante para a inclusão social e digital, possibilitando o acesso à educação, trabalho e lazer das pessoas com deficiência.

**Palavras-chave:** Teclado, mouse, inteligente, pessoas com deficiência, multifuncional, TIX

<sup>1</sup> Engenharia Elétrica, Geraes Tecnologia Assistiva LTDA, adriano@geraestec.com.br

<sup>2</sup> Ciência da Computação, Universidade de Itaúna, gleisinho@gmail.com

<sup>3</sup> Engenheira Mecatrônica, mestre, Universidade de Itaúna, jdsimeao@gmail.com





**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

## MÁQUINA DE ENSAIO DE DESGASTE: PINO-SOBRE-DISCO

Mateus Henrique Ribeiro<sup>1</sup>

Matheus Henrique Gonzaga Niterói<sup>2</sup>

Ewerton Augusto de Sousa Nogueira<sup>3</sup>

José Felipe Dias<sup>4</sup>

Denilson José do Carmo<sup>5</sup>

**Resumo:** Na maior parte das máquinas dinâmicas o desgaste é um problema a ser contornado. Existem vários exemplares de máquinas de ensaio de desgaste no mercado, porém o custo para se adquirir um exemplar é alto. Este estudo visa a construção de um protótipo de máquina de ensaio pino-sobre-disco, e sua validação por meio de ensaios similares aos citados na norma ASTM G99 (2005) que padroniza este tipo de teste. Os ensaios serão feitos em pistas de rolamentos com especificações iguais, porém de fabricantes diferentes, para validar o funcionamento do protótipo e estimar superficialmente o desgaste dos mesmos. O protótipo esclarecerá as possíveis dificuldades enfrentadas na realização deste tipo de ensaio e determinará se é viável a construção de uma máquina para efetuar este tipo de teste no Laboratório de Materiais da Universidade de Itaúna.

**Palavras-chave:** Desgaste. Protótipo. Ensaio Pino-Sobre-Disco.

1. Engenheiro Mecânico, Universidade de Itaúna, mateus-hr@live.com.
2. Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade de Itaúna, matheushgn@gmail.com.
3. Engenheiro Mecânico, Mestre, Universidade de Itaúna, ewertonasnogueira@gmail.com.
4. Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade de Itaúna, josefelipedias@gmail.com.
5. Engenheiro Mecânico, Doutor, SENAI CETEF Marcelino Corradi – Itaúna, Universidade de Itaúna, denilsoncarmo@uit.br.